

# APPORT DES TECHNIQUES CULTURALES DANS L'AMELIORATION DES PLANTES VIVRIERES SOUS L'APPROCHE ECOCLIMATIQUE ; CAS DE LA VARIETE PNAP DE POMME DE TERRE (SOLANUM TUBEROSUM L.) A GOMA AU KIVU

**Wabenga Basilwango Bellarmin<sup>1\*</sup>, Shumbusha Mugugu Marcellin<sup>2</sup>, Kwabo Munubo Simon<sup>3</sup>, Masumbuko Mbokani Jonas<sup>4</sup>**

<sup>1\*</sup>*Chef de Travaux à l'Université Catholique la Sapiencia, UCS – Goma, Nord-Kivu, RDC ; wabengabellarmin@gmail.com, Tel. +243992108232,*

<sup>2</sup>*Assistant du premier mandat à l'Institut Supérieur de Tourisme de Goma, ISTOU, Nord – Kivu, RDC ; Tel. 0995896138,*

<sup>3</sup>*Assistant du second mandat à l'Institut Supérieur de Développement Rural de Walikale, ISDR - kwabosimon2@gmail.com, Tel. +243818828095WALIKALE, Nord Kivu – RDC ;*

<sup>4</sup>*Assistant du premier mandat à l'Institut Supérieur de Développement Rural de Masisi, ISDR - Masisi, jonasmbokani0@gmail.com, Tel. +243971242724Nord Kivu - RDC.*

**\*Corresponding Author :**

*wabengabellarmin@gmail.com*

---

## Resume

*Le présent travail portant sur l'effet des biopesticides, de Dithane et d'engrais organiques sur le rendement de la pomme de terre, Solanum tuberosum L, variété PNAP cultivée à Goma au Nord – Kivu est parti du constat selon lequel malgré l'existence et la multiplicité de techniques culturales, le processus du développement social présente le manque d'autonomie alimentaire. Ce constat est un défi et un problème du temps qui touche le secteur agropastoral, la sécurité alimentaire et toutes les couches de la société congolaise.*

*A partir des questions de recherche les expérimentations, comme travail de terrain ont abouti aux résultats qui, à une grande échelle ont confirmé les hypothèses assignées :*

- En vue de préserver la sécurité alimentaire et le développement social, la production et surtout l'amélioration du rendement de culture de la PDT dépendent de l'engagement du capital humain par ses interventions pour améliorer la valeur agronomique du sol et appliquer les techniques du contrôle bioécologique contre les maladies et ravageurs par l'exploitation rationnelle des intrants dont les pesticides.*
- Pour augmenter la valeur agronomique du sol, impacter positivement la productivité agricole, assurer l'autosuffisance alimentaire et préserver le développement social à Goma au Nord Kivu, les facteurs nutritionnels nécessaires à la croissance et au rendement de la PDT en culture, sont les sels minéraux fournissant le potassium ou les bases échangeables. Ceux-ci étaient en grandes proportions dans le substrat à compost que celui de la bouse de chèvre.*
- L'amendement du sol n'avait pas beaucoup impacté le rendement de la PDT en culture.*

*Par contre l'impact positif s'est confirmé par les pesticides, en luttant contre les maladies et les ravageurs pour améliorer la productivité et le rendement. En plus de Dithane, la protection s'est bien confirmée avec l'usage des biopesticides fournis par les extraits aqueux des plantes dont l'ordre décroissant d'efficacité s'est révélée comme, Ail – Tabac – Eucalyptus.*

*Avec ses recommandations utilitaires, ce travail constitue une réponse de taille comme apport de l'approche écoclimatique sous ses diversités et son adaptabilité, au processus du développement social bien assaini, face à l'insuffisance alimentaire, la pression des maladies et ravageurs des cultures et la pauvreté du sol cultural. Il ouvre à la valorisation et l'exploitation rationnelle des ressources à bord, le capital humain, pour le développement intégré.*

**Motsclés :** *Biopesticides, Engrais organiques et Pomme de terre.*

## 0. INTRODUCTION

### 0.1. Problématique

En plus des activités métaboliques, comme vivants les humains sont caractérisés par le niveau du développement social. Dans le processus du développement social, malgré l'existence et la multiplicité des techniques culturales, il se remarque le manque d'autonomie alimentaire. Ce constat est un défi et un problème du temps qui touche le secteur agropastoral, la sécurité alimentaire et toutes les couches de la société congolaise. Pour y faire face, l'effort du présent travail porte sur l'apport des techniques culturales dans l'amélioration du rendement des plantes vivrières sous l'approche écoclimatique ; cas de la variété PNAP de *Solanum tuberosum* L. ou pomme de terre, cultivée à Goma au Nord – Kivu, cela pour l'obtention des denrées alimentaires, contribuer à la lutte contre la malnutrition et la sous-alimentation et répondre activement aux objectifs du développement durable, dans son volet agropastoral et la sécurité alimentaire.

En ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle, la situation mondiale de la sous - alimentation est grave. Plus de deux milliards de personnes sont carencées en minéraux ou en vitamines et, près de 30 % d'enfants des pays en développement sont victimes de malnutrition. Selon la FAO (2007), la malnutrition et la sous-alimentation, s'inscrivent parmi les fléaux actuels de l'humanité. Chez les enfants leurs conséquences entraînent plusieurs victimes. Les enfants souffrent plus et plus vite de la faim et des maladies y associées que les adultes (ALMERAS et NYS, 2015).

Pour la sécurité alimentaire, le *Solanum tuberosum* L. ou pomme de terre est l'une des cultures importantes de la zone subsaharienne de l'Afrique. Sa production mondiale s'élevait à 330 millions de tonnes en 2004 (FAO, 2007), ce qui en fait la cinquième plante cultivée après la canne à sucre, le maïs, le riz et le blé. Plus d'un million et demi d'hectares sont cultivés en Afrique (PNDRT, 2006) ; mais malgré l'augmentation de sa production dans les tropiques, les rendements sont généralement bas (Burton, 1989 et Hooker, 1986). Ils se situent entre 3 et 11 t/ha, alors que ceux des pays européens sont en moyenne de 25 t/ha (LIU, Xiaoxuan et al., 2018 & FOASTAT, 2018) et atteignent les 60 t/ha.

Au Congo Kinshasa, l'agriculture est fortement tournée vers l'exportation. Les principales ressources agricoles sont : le café, le bois et le caoutchouc. N'encourageant pas les cultures vivrières à l'instar de la pomme de terre, cette agriculture est encore rudimentaire et cause la pauvreté et la dépendance alimentaire à une grande échelle. Dans plusieurs coins du pays comme à Masisi et à Nyiragongo, au Nord Kivu les techniques culturales, eu égard aux conditions écoclimatiques locales restent inadaptées ; et des nombreux maladies et ravageurs ne sont pas suffisamment contrôlés pour faciliter l'amélioration du rendement des cultures et la satisfaction des besoins alimentaires pour défier le sous-développement. (MANIRAGUHA, 2019).

La pomme de terre (PDT) est la troisième culture la plus importante au monde pour l'alimentation, après le blé et le riz. Néanmoins, compte tenu des plusieurs contraintes du milieu dont les conditions culturales rudimentaires et non adéquates, ne permettant pas efficacement de mettre hors d'état de nuire les ravageurs et autres agents pathogènes et la précarité des conditions de conservation, dans plusieurs milieux au Nord Kivu, les pertes sont inquiétantes jusqu'à la récolte. (HARAGAZWE et al., 2018).

Etant donné l'utilisation des techniques culturales non adéquates, des variétés à faible rendement ou ayant dégénérées et perdues la vigueur au cours des campagnes culturales, l'attaque des plantes par des maladies, des ravageurs et les conditions abiotiques très fluctuantes dans plusieurs régions, le rendement demeure insuffisant.

Dans ces régions, la pomme de terre qui occupe une place de choix dans l'alimentation et l'économie des ménages est menacée par des maladies qui abaissent significativement son rendement. Le flétrissement bactérien dû à la bactérie *Ralstonia solanacearum* est l'une des plus graves de ces maladies. Les Pseudomonas causent des pertes économiques sur les cultures des Fabacées comme *Arachis hypogea* ou l'arachide, des Solanacées comme *Solanum lycopersicum* ou la tomate, *Solanum melongena* ou l'aubergine, le *Solanum tuberosum* L. et des Musacées comme *Musa* sp. ou le bananier en plongeant les populations dans la dépendance alimentaire. (ROUSSELLE et al., 1996).

Au Nord comme au Sud Kivu, deux maladies limitent la production de la pomme de terre. Le mildiou causé par *Phytophthora infestans* et la bactériose causée par *Ralstonia solanacearum* et par conséquent l'agriculteur perd son énergie en travaillant et ses investissements sont voués à l'échec. Des champs de pomme de terre perdent toute la production suite aux agressions des bactérioses. Faute de produit chimique bien certifié pour lutter contre, la plupart de ces agressions n'ont pas de traitement curatif. On essaye tout simplement d'éviter qu'elles se présentent et/ou se propagent dans les champs voisins. Les moyens de lutte préventive sont : arracher les plants malades et les brûler hors du champ, ne pas prendre la semence sur les plants voisins de celui qui était malade et respecter la rotation culturale en fonction des campagnes.

Dans la perspective de combattre les ravageurs et les maladies de la pomme de terre dans plusieurs régions à l'Est de la RDC, on envisage d'essayer l'utilisation des principes actifs d'autres plantes, comme le *Nicotiana tabacum* ou le tabac et le *Tephrosia vogelii* réputées bactéricides, fongicides et insecticides.

Mais la résistance de certaines bactéries et les pertes enregistrées en cas d'attaque, alourdissent davantage la tâche.

(MUTUGA *et al.*, 2015).

En RDC, de par le milieu de Goma, à Masisi et à Nyiragongo, plusieurs défis sont notamment constatés. Il se remarque les désintéressements et faibles connaissances en entrepreneuriat agricole et connectivité entre les acteurs de la chaîne de valeur ; des pratiques agricoles rudimentaires ; le marché non organisé et non contrôlé ; des infrastructures ou les routes de dessertes agricoles en mauvais état ; le manque des semences de qualité ; l'insuffisance des terres arables et leur surexploitation ; la rareté des produits phytosanitaires et des fertilisants, leur coût élevé ainsi que leur nocivité relative sur l'environnement ; et le rendement non satisfaisant de culture de la PDT pour couvrir les besoins alimentaires des populations et répondre efficacement à ses valeurs reconnues et préserver le développement social. Ce rendement non satisfaisant est évalué entre 6 à 10 tonnes par hectare pour les semences traditionnelles et 15 à 20 tonnes par hectare pour les semences améliorées.

La situation relative à l'approvisionnement de la PDT en territoires de Nyiragongo et Masisi au Nord Kivu reste préoccupante. (ARHAGERERWA, 2019).

En raison de son utilisation quotidienne dans l'alimentation et de la forte croissance démographique, la demande en pomme de terre dans plusieurs coins en province du Nord Kivu en RDC ne cesse d'augmenter sans que le volume de la production locale ne connaisse d'évolution sensible, si bien qu'on est amené à recourir à des importations fortes et coûteuses pour combler le déficit qui en résulte ; solution qui ne peut durer longtemps. Les pays fournisseurs de semences ne répondant pas exactement aux qualités demandées ou compatibles aux conditions écologiques locales et au moment voulu. La production de semences de pomme de terre localement est donc une nécessité absolue. (KHELIFI - SLAOUI *et al.*, 2000).

### 0.3. Subdivision du travail

Le présent travail comporte trois chapitres. Le premier, présente un bref aperçu sur la pomme de terre, le deuxième décrit le milieu d'étude, les matériels utilisés et la démarche méthodologique suivie. Le troisième chapitre présente les résultats du terrain avec leur interprétation et discussion. Le travail est achevé par une conclusion et quelques suggestions ou recommandations relatives à l'amélioration des plantes, suivies par la bibliographie sommaire des ouvrages consultés.

### 0.4. Questions de recherche

Comme bécquilles, les questions fondamentales sur lesquelles s'est appuyée cette recherche sont les suivantes :

Q1. Quels sont les effets concrets des maladies et ravageurs dans les champs cultivés de *Solanum tuberosum* L. à Goma dans le processus du développement social ?

Q2. Quelles sont les réponses de taille face aux maladies et ravageurs dans les champs cultivés de *Solanum tuberosum* L. au processus du développement social à Goma au Nord Kivu ?

Q3. Pour le développement social bien assaini à Goma au Nord Kivu, par rapport au Dithane lesquels des traitements à base des biopesticides et d'engrais organiques sont mieux choisis pour le rendement de culture de la variété PNAP de *Solanum tuberosum* L. face à la pauvreté du sol, aux maladies et ravageurs

### 05. Hypothèses

Sous ce travail avant toute investigation sur terrain, il s'était relevé que :

- Les champs cultivés de *Solanum tuberosum* L. seraient négativement impactés par le sol pauvre, les maladies et les ravageurs.
- Face à la pauvreté du sol, aux maladies et aux ravageurs dans les champs cultivés, la réponse de taille sous l'approche écoclimatique au processus du développement social bien assaini serait l'adaptation et le renforcement des techniques culturales pour l'amélioration des plantes vivrières
- Par rapport au pesticide synthétique à base de Dithane comme traitements en blocs, les biopesticides et engrais organiques utilisés auraient un effet positif sur le rendement de culture et l'amélioration de *Solanum tuberosum* L., face à la pauvreté du sol, aux maladies et aux ravageurs.

## III. LE MILIEU D'ETUDE, LES MATERIELS ET LA DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Les activités de terrain, du présent travail s'étaient réalisées de janvier en juillet 2022, dans l'espace parcellaire de 25 mètres sur 20 mètres soit 500 m<sup>2</sup>, de l'Université Catholique la Sapiencia de Goma, UCS - GOMA. Cet espace est localisé dans l'avenue Kituku I, cellule GASIZA, quartier Kyeshero en commune de Goma et Mairie de Goma dans la province du Nord-Kivu à 1500 m d'altitude.

Le choix de ce milieu est justifié par le fait qu'il est au carrefour des territoires de Masisi et de Nyiragongo, deux sources d'approvisionnement de la Province et de tout le pays en denrées alimentaires.

Le jardin expérimental jouissait des conditions climatiques « identiques » à celles de la ville de Goma à l'est de la

RDC. Dans cette partie,

1. Il y a des chaînes de montagnes, liées à la vallée du grand rift, qui a produit également un certain nombre de lacs, comme le lac Albert (à 615 m), le lac Edouard (à 915 m), le lac Kivu (à 1465 m), le lac Tanganyika (à 770 m), et le lac Moero (à 920 m).

Les températures diurnes sont agréables toute l'année, et fraîches la nuit.

La période la plus ensoleillée est celle relativement sèche qui va de juin à août.

Les précipitations atteignent 1250 millimètres par an ; de juin à août les pluies sont assez rares et peuabondantes.

En partie, les coordonnées météorologiques de la ville de Goma sont consignées, dans le tableau No.1.

Tableau No.1:

En partie les coordonnées météorologiques de la ville de Goma en général et du site expérimental en particulier

Mois	jan.	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An.
Température minimale moyenne, en °C	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13,4
Température maximale moyenne (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24,9
Température Moyenne, en °C	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19	19	19	19	19	19	18,5	19,15
Heures d'ensoleillement Journalier	5,5	5,5	5	5,5	5,5	7	7,5	5,5	6	5,5	6	5,5	5,9
Précipitations en mm	115	95	110	140	135	45	30	65	115	150	145	120	1265

Source: Fiche d'observations du terrain No.1 ; Extrait des données météorologiques de la ville de Goma 2021, donné par Ir. MUHINDO SYAUSWA du

Département de Géodésie et Géochimie, OVG-Goma.

Sous ce panneau durant la période culturale, sur la ville de Goma, la température était modérée par la proximité du lac Kivu, le relief était accessible aux conditions écologiques acceptables et la pluviosité abondante.

Sur terrain, on a utilisé différents matériels. Ce sont principalement les matériels biologiques et non biologiques.

Les matériels biologiques, sont :

- Les spécimens ou les échantillons des plantes cultivées, spécialement la variété PNAP de *Solanum tuberosum* L. ou la pomme de terre ;
- Les spécimens ou les échantillons d'*Eucalyptus maideni*, *Allium sativum* ou Ail et de *Nicotiana tabacum* ou le tabac pour la préparation des extraits aqueux, utilisés comme biopesticides.

Les matériels non biologiques étaient, les matériels aratoires, les matériels de manipulation, les instruments de mesure dont le décimètre et la balance de précision, les matériels de protection et les intrants comme le Dithane ou produit phytosanitaire synthétique, sous la dose de 125g à dissoudre dans 10 litres d'eau et pour une application.

Sur le plan méthodologique, nous avons procédé par la méthode expérimentale soutenue par les travaux au champ, les matériels utilisés et les diverses techniques sur le site expérimental.

La méthode expérimentale a consisté à appliquer sur les plantes sous substrats appropriés, différents pesticides, évaluer le rendement de culture et constituer ou poser les bases de l'amélioration de *Solanum tuberosum* L. Techniquement, le protocole expérimental était constitué des quatre blocs complets et randomisés, correspondant aux répétitions culturales des plants de pomme de terre, et ayant chacun les plates-bandes réparties en quatre groupes de trois soumises différemment aux traitements ou pesticides et amendements.

Sous leur diversité relative, les étapes et techniques culturales suivies sont :

- La préparation du terrain avec l'épandage des engrais organiques (le Compost et la Bouse de chèvre) et l'analyse de la valeur agronomique du sol,
- La plantation, le suivi des cultures et prélèvement des paramètres pour différentes comparaisons
- La préparation et l'application des biopesticides pour le contrôle bioécologique des maladies et ravageurs sur les plantes bandes sous expérimentation
- La récolte, la pesée, le calcul du rendement, la présentation et l'interprétation des résultats.

## II. APERÇU SUR LA POMME DE TERRE

### II.1. Cadre systématique et variétés de la pomme de terre

La pomme de terre appartient dans :

- Le Règne des Plantae ou Végétal et le Sous-règne des Tracheobionta
- Le Clade ou l'Embranchement des Dicotylédones et la Division ou le Sous Embranchement des Magnoliophyta
- La Classe des Magnoliopsida et la Sous-classe des Asteridae
- L'Ordre des Solanales, la Famille des Solanaceae et la Sous-famille des Solanoideae

- Le Genre *Solanum* et l'Espèce *tuberosum*.

La pomme de terre présente plusieurs variétés. Parmi elles, en RDC, spécialement à l'Est, on rencontre les variétés PNAP, Gahinga, Kinigi, Tiret 58, Carolis, Mwezi moya, Précoce, Kiganya, Kirundo, Cruza et Clone. Pratiquées sous forme de la monoculture sur billon, toutes ces variétés s'adaptent mieux sur les grandes collines de l'Est et exploitées par les paysans en majeure partie. D'où les grands défis que court la filière pomme de terre dans la zone ; étant donné que des grands entrepreneurs ne s'y intéressent pas. (ARHAGERERWA, 2018).

## II.2. Ecologie de la pomme de terre

La pomme de terre s'adapte mieux dans un climat équilibré. Sa culture préfère des températures situées entre 10 et 22°C avec une moyenne de 15°C et 8°C au moment de la plantation ; des altitudes supérieures jusqu'à 1900 mètres et une demande en eau assez élevée. Sa pluviométrie recherchée est de 500 à 750 mm à tous les stades de croissance pendant une période de 3 à 4,5 mois. Spécialement, le besoin en eau est maximal depuis la floraison et pendant la tubérisation. Cette culture est particulièrement sensible aux longues périodes humides ou sèches pendant la floraison et la tubérisation. L'engorgement ainsi que le sol sec ne sont pas favorables à la production de tubercules.

La culture de la pomme de terre est défavorisée sur un sol compact, mal drainé et caillouteux.

- Les sols légers et meubles, riches en matières organiques, avec une profondeur appropriée et un pH de 5,5 à 7 sont idéaux ou favorables.
- Sur les sols plus légers, les tubercules développent généralement une forme et une couleur plus belle ainsi que des yeux plus plats. Sur les sols lourds, les tubercules ont une peau plus lisse et la présence de tavelure est plus faible. Le plus souvent, les sols sablonneux à séchage rapide entraînent des peaux plus rugueuses et roussâtres ainsi qu'une infection par la tavelure.
- Les sols dont le pH est inférieur à 5,0 occasionnent la production des tubercules de mauvaise qualité et une croissance anormale, tandis qu'un pH élevé cause des problèmes avec la tavelure commune. A ce titre, en raison de leur faible teneur en éléments nutritifs et de leur faible capacité d'échange des bases, les sols latéritiques acides répandus sont naturellement peu fertiles et ont un faible potentiel de production. D'où, des mesures appropriées de gestion de la fertilité du sol, telles que l'apport des matières organiques au sol, l'augmentation du pH du sol par chaulage, l'application de compost et l'irrigation, les rendent aptes à la culture. (FIBL, 2007 & WABENGA; 2018).

S'agissant de la conservation des tubercules, les pommes de terre récoltées à pleine maturation peuvent se conserver pendant dix à douze mois. Le problème de stockage se pose pour les pommes de terre dites « de conservation » ainsi que pour celles destinées à la transformation industrielle et à la semence. Les tubercules, vivants et à teneur élevée en eau, subissent des phénomènes de respiration et de transpiration. Ils sont exposés au fil du temps à des pertes de poids, au flétrissement et au développement des germes. Ils peuvent aussi être exposés à des risques de fermentation et à des attaques bactériennes ou fongiques. Les tubercules doivent être préservés du gel.

Chez la pomme de terre, les conditions de stockage à respecter sont l'obscurité, la ventilation et l'hygrométrie contrôlées, la température maintenue entre 4 à 6°C. Des traitements anti germination sont autorisés en phase de stockage à l'aide de substances telles que le prophame ou le chlorprophame par nébulisation ou poudrage. Cette dernière technique assure une meilleure répartition du produit et évite les risques de surdosage localisé, ou bien par ionisation.

Les tubercules de pomme de terre ne doivent pas être réfrigérés. Ils aiment les endroits secs, sombres et frais. Une chambre froide ou une garde-robe de sous-sol convient parfaitement. On conseille, si possible, de les retirer de leur sac d'emballage et de les étendre sur une surface plane de façon à ce qu'ils ne se touchent pas entre eux pour réduire au maximum possible le risque de contamination en cas d'attaque. La pomme de terre peut être conservée jusqu'à 6 mois, mais plus la température est faible ou plus elle est exposée à l'humidité, moins longtemps elle survit. Les pommes de terre « primeurs », récoltées avant la complète maturité, ne se conservent que quelques jours. (WABENGA, 2019).

## IV. PRESENTATION, INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

### IV.1. Présentation

Les résultats ont porté sur les analyses du sol, avant la plantation et à la récolte ; le taux de germination, le comportement des plantes sur les plates - bandes en rapport avec le taux de contamination et les paramètres végétatifs dont le diamètre au collet, la taille de la tige, le nombre des ramifications, le nombre des feuilles sur la plante, ainsi que les paramètres de production dont le nombre des fleurs, le nombre et le poids des tubercules à la récolte et le rendement.

En fonction du principe des blocs aléatoires complets avec les parcelles divisées ou le modèle Split – split – plot de Dagnelie (2003), à une grande échelle les différents résultats ont confirmé les hypothèses assignées. Au seuil de probabilité de 5%, les analyses statistiques de la variance par le test Student-Newman-Keuls des comparaisons multiples des moyennes, ont fournis les résultats successivement visualisés comme suit :

## IV.2. Les résultats et discussion

### IV.2. 1. Le pH du sol

Avant la plantation, le pH n'était pas sous l'influence des traitements mis en expérimentation, soit des pesticides T1, T2, T3, et T4. Par contre, ce pH était significativement influencé par les substrats ou l'amendement du sol. Par contre, à la récolte le pH n'était pas influencé ni par les traitements et ni par les substrats.

Le pH est le même au niveau de tous les traitements, les valeurs variant entre  $6,9 \pm 0,06$  (T2) et  $7,03 \pm 0,06$  (T1). Les valeurs extrêmes étant  $6,96 \pm 0,1$  (Sub. To) et  $7 \pm 0,19$  (Sub. Bou), au niveau des substrats, le pH est aussi identique.

### IV.2. 2. Le pourcentage en carbone au niveau du sol

Avant la plantation, le pourcentage en carbone n'était pas influencé par le traitement, les pesticides, T1, T2, T3, et T4, par contre, il était très hautement ou significativement influencé par le substrat.

Le pourcentage en carbone avant semis était le même au niveau de tous les traitements,  $4,6 \pm 1,1\%$  étant la moyenne observée pour tous les traitements. Du côté de substrat, Sub. Co enregistre un pourcentage important (6,06%) suivi de Sub. Bou (3,87%) et enfin SubT0 (3,84%).

Après la plantation, le pourcentage en carbone après le semis n'était pas sous l'influence du traitement mais il était influencé significativement par le substrat. Le pourcentage en carbone après la plantation ou à la récolte était le même au niveau de tous les traitements, 4,27% étant la moyenne observée pour tous les traitements. Du côté de substrat, Sub. Co présente un pourcentage important (5,199%) suivi de Sub. Bou (3,813%) et enfin Sub. To (3,807%).

### IV.2. 3. Le pourcentage d'azote au niveau du sol

Avant la plantation, le pourcentage en azote n'était pas sous l'influence de traitement ou des pesticides T1, T2, T3, et T4. Par contre, il était influencé de manière très hautement significative par le substrat. Ce pourcentage avant la plantation était le même au niveau des milieux sous différents pesticides ou traitements, T1, T2, T3, et T4, 0,46% étant la moyenne observée pour tous les traitements. Cependant du côté de substrat, Sub. Co a retenu un pourcentage important (0,583%) suivi de Sub. Bou (0,403%) et enfin SubT0 (0,395%).

A la récolte ou après la plantation, l'analyse de la variance a montré que le pourcentage en azote n'était pas sous l'influence des pesticides ou des traitements, T1, T2, T3, et T4, mais il était influencé très significativement par l'amendement du substrat ou du sol. Après le semis, le pourcentage en azote était le même au niveau de tous les traitements, 0,41% étant la moyenne observée pour tous les traitements.

Cependant du côté de substrat, Sub. Co retient un pourcentage important (0,471%) suivi de Sub. Bou (0,387%) et enfin SubT0 (0,382%).

### IV.2. 4. Le pourcentage de potassium au niveau du sol

Avant la plantation ce pourcentage n'était pas influencé par le traitement mais il était influencé très significativement par l'amendement du sol ou le substrat. Le pourcentage en potassium avant la plantation est le même au niveau de tous les traitements, 9,59% étant la moyenne observée pour tous les traitements. Du côté de substrat, Sub. Co retient un pourcentage important (15,57%) suivi de Sub. Bou (10,46%) et enfin Sub. To (2,73%).

A la récolte le Pourcentage de potassium après la plantation n'était pas influencé par les pesticides ou les traitements T1, T2, T3, et T4, ( $p\text{-value}=0,228 > 0,05$ ). Il était par contre influencé de manière significative par l'amendement du sol ou le substrat. Ce pourcentage après la plantation est le même au niveau de tous les traitements, 9,27% étant la moyenne observée pour tous les traitements. Du côté de substrat, Sub. Co retient un pourcentage important (15,43%) suivi de Sub. Bou (10,29%) et enfin Sub. To (2,09%).

### IV.2. 5. Les bases échangeables

Avant la plantation le pourcentage des bases échangeables n'était pas influencé par les pesticides ou les traitements T1, T2, T3, et T4, mais plutôt influencé très significativement par l'amendement du sol. A ce stade ce pourcentage était identique au niveau de tous les traitements,  $9,59 \pm 1,3\%$  étant la moyenne observée pour tous les traitements. Cependant du côté de substrat, Sub. Bou retient un pourcentage important (11,11%) suivi de Sub. Co (10,13%) et enfin Sub. To (8,13%).

A la récolte le pourcentage des bases échangeables après semis n'était pas influencé pas influencé par les pesticides ou les traitements T1, T2, T3, et T4. Il est influencé très significativement par le substrat. Après ce pourcentage est le même au niveau de tous les traitements, 10,13% étant la moyenne observée pour tous les traitements. Pour les substrats, Sub. Bou présente un pourcentage important (11,13%) suivi de Sub. Co (10,13%) et enfin Sub.T0 (9,12%).

### IV.2. 6. Le taux de germination (%)

Le taux de la levée a été influencé de manière significative par le traitement et très significativement influencé par le

substrat. Ce taux était important au niveau de T2, T1 et T3 avec respectivement  $77,08 \pm 20,14\%$  ;  $75,69 \pm 20,55\%$  et  $72,91 \pm 13,35\%$  alors qu'il est moins important au niveau de T4  $65,97 \pm 15,27\%$ . Du côté de substrat, le taux de la levée est significativement élevé au niveau de Sub. Co ( $85,93 \pm 10,41\%$ ) suivi de Sub. Bou ( $72,91 \pm 14,43\%$ ) et enfin Sub.To ( $59,89 \pm 17\%$ ).

Avec CIRAD – GRET, 2009 et GILLES *et al.*, 2019, dès la plantation vers la germination et l'ensemble du cycle vital, la pomme de terre réagit bien à une haute fertilité du sol et dans un environnement exempté des agents pathogènes. Sur les sols appauvris sans fertilisation et contaminés, à partir de la levée la culture ne produit que des faibles rendements. L'apport en fumier et/ ou en compost bien traité est nécessaire, afin d'assurer non seulement un approvisionnement adéquat en éléments nutritifs mais aussi la prévention contre certains ravageurs et maladies. Ces amendements fournissent au sol à la fois des macronutriments comme N, K, Ca, Mg, P et S, et des micronutriments comme Cl, Fe, B et Mn. Ils ont aussi l'avantage supplémentaire de réprimer les maladies des plantes transmises par le sol, s'ils sont appliqués sur une base régulière.

#### IV.2. 7. Le diamètre au collet (cm)

Le diamètre au collet était très hautement ou significativement influencé par le traitement et par le substrat. Ce diamètre est important au niveau de T4 ( $1,25 \pm 0,24$ cm) suivi de T1 ( $1 \pm 0,28$ cm) puis T2 ( $0,83 \pm 0,22$ cm) et enfin T3 ( $0,80 \pm 0,21$ cm). Du côté de substrat, le diamètre au collet est significativement élevé au niveau de Sub. Co ( $1,25 \pm 0,21$ cm) suivi de Sub. Bou ( $0,92 \pm 0,22$ cm) et enfin SubT0 ( $0,78 \pm 0,2$ cm).

Soutenu par GUILLIERMOND et MANGENOT, 1948, RAYMOND de Tripoli, 1995 d'une part et CHASSANY *et al.*, 2012 d'autre part, en conformité avec les résultats relatifs du diamètre au collet de la pomme de terre PENAP en culture expérimentale, la croissance de la plante est grandement influencée par les facteurs internes et des facteurs externes ou éléments du milieu. Les éléments du milieu ne sont pas seulement les facteurs physiques comme l'aération, l'humidité relative, la température et la luminosité mais aussi les substances chimiques spécifiques pour la nutrition minérale et la protection en termes de prévention contre les ravageurs et agressions infectieuses.

#### IV.2. 8. La hauteur de la plante (en cm)

La hauteur de la plante était très significativement influencée par les pesticides ou les traitements, T1, T2, T3, et T4 d'une part et d'autres part par les substrats. Cette hauteur était importante au niveau de T4 et T1 ( $44,7 \pm 5,8$  et  $43,3 \pm 4,7$ cm) et moins importante au niveau de T2 et T3 ( $41,2 \pm 6,3$  et  $49,7 \pm 5,6$ cm). Du côté de substrat, la hauteur des plantes est significativement élevée au niveau de Sub. Co ( $47,8 \pm 3,8$ cm) suivi de Sub. Bou ( $43,1 \pm 2,2$ cm) et enfin Sub. To ( $36,4 \pm 3,5$ cm).

Renforcé par RAYMOND, (1995), CHASSANY V *et al.* (2012) et les analyses du sol qui ont montré la forte teneur en potassium dans le compost plus que dans la bouse et le substrat témoin, ces résultats sont justifiés. Ils présentent que la taille de la tige est significativement influencée par l'application des pesticides d'une part et de l'amendement des substrats d'autre part. Les pesticides, à égale efficacité presque ont intervenu pour la protection et les substrats pour la nutrition minérale des plantes. Le potassium est indispensable aux divisions cellulaires et intervient alors comme un facteur de croissance.

#### IV.2. 9. Le nombre de ramifications sur les tiges

Le nombre de ramifications sur les tiges est hautement significativement influencé par le traitement et très hautement influencé par le substrat. Ce nombre est important au niveau de T4 ( $14 \pm 4$ ) et est moins important au reste de traitements. Du côté de substrat, il est significativement élevé au niveau de Sub. Co ( $14 \pm 3$ ) suivi de Sub. Bou\* ( $12 \pm 3$ ) et enfin Sub. TO ( $10 \pm 2$  ramifications).

Comme un bon nombre d'autres phénomènes de croissance, les ramifications de la tige varient considérablement avec la richesse ou la composition du sol. DIEHL (1959).

Plusieurs éléments nécessaires pour la nutrition et la croissance des plantes se trouvent en proportion élevée dans le substrat à compost que dans les sols à bouse et témoin ou non amendé.

#### IV.2. 10. Le nombre de feuilles sur les plantes

Le nombre de feuilles sur les plantes était très significativement influencé par le traitement ou les pesticides T1, T2, T3, et T4 et par le substrat. Ce nombre était important au niveau de T4 ( $87 \pm 16$ ) suivi de T1 ( $57 \pm 11$ ) puis T2 et T3 ( $51 \pm 10$  et  $49 \pm 8$  feuilles). Du côté de substrat, il est significativement élevé au niveau de Sub. Co ( $70 \pm 22$ ) suivi de Sub. Bou ( $63 \pm 16$ ) et enfin Sub. To ( $49 \pm 14$  feuilles).

A cause de leurs interventions dans les systèmes physiologiques des plantes, les anomalies de croissance détectées, ne sont pas seulement liées aux agents pathogènes. Elles proviennent aussi des éléments chimiques absorbés dans le milieu où elles s'enracinent. Etant indispensables à la croissance des feuilles et au développement de la plante, ces éléments sont des nutriments. Le déficit en l'un ou l'autre de ces éléments perturbe sérieusement la croissance et le développement de la plante (JOEP VAN LIDTH de JEUDE, 2004).

#### IV.2. 11. Le nombre de fleurs sur les plantes

Le nombre de fleurs sur les plantes était très significativement influencé par le traitement ou les pesticides T1, T2, T3, et T4 et par les substrats utilisés. Ce nombre est important au niveau de T4 ( $10 \pm 3$ ) suivi de T1 ( $8 \pm 2$ ) et T2 ( $7 \pm 1$ ) et enfin T3 ( $6 \pm 1$  fleurs). Du côté de substrat, il est significativement élevé au niveau de Sub. Co ( $9 \pm 3$ ) suivi de Sub. Bou ( $8 \pm 2$ ) et enfin Sub. To ( $6 \pm 1$  fleurs).

En conformité avec les présents résultats DIEHL (1959) montre dans ses travaux, que par son importance, la floraison peut être nulle, faible ou rare. Elle est sous la double influence de la variété et du milieu. S'agissant du milieu, trois éléments sont susceptibles d'entrer en jeu : la température associée à l'humidité relative, l'amendement du sol et le traitement phytosanitaire.

La floraison est accentuée par les températures élevées, à condition, qu'il existe une humidité suffisante du sol. L'humidité est surtout importante pour le maintien des fleurs et le début de la fructification, l'une des principales précautions à observer dans la technique de l'hybridation. L'amendement par le compost, riche en potassium contribue à la rétention de l'eau, ce qui favorise la floraison alors que la fumure ou l'amendement avec la bouse, ayant une teneur azotée excessive, en même temps qu'elle augmente la masse foliaire, a tendance à diminuer l'intensité de la floraison et inversement. Ce qui justifie les nombres faibles des fleurs sur les plantes ayant évoluées respectivement sur le sol témoin et le sol amendé par la bouse par rapport à celles qui ont évoluées sur les parcelles amendées par le compost.

#### IV.2. 12. Le nombre de plantes attaquées par les maladies

Le nombre de plantes attaquées par les maladies est très hautement ou significativement influencé par les traitements à base des pesticides, T1, T2, T3 et T4. Il n'était pas sous l'influence de substrat.

Ce nombre est élevé en T2 ( $49 \pm 17$ ) et T1 ( $46 \pm 14$ ) suivi de T3 ( $36 \pm 14$ ) et enfin au niveau de T4 ( $18 \pm 9$  plantes). Cependant du côté du substrat il est identique au niveau de tous les substrats, les valeurs oscillant entre  $32 \pm 19$  (Sub. To) et  $41 \pm 16$  plantes (Sub. Bou).

Ces résultats marquent la corrélation entre le milieu ou le sol riche en nutriments, issus des matières organiques en décomposition et la présence des agents pathogènes aux cultures. Tels ont été les conclusions de plusieurs recherches et travaux de terrain, comme celui portant sur les interactions biologiques (faune, ravageurs, parasites, microflore) dans des sols sous cultures en milieu tropical humide (Ile de la Réunion) de Johnny BOYER et LAVELLE, (1998).

AUDRY, (2016) montre que dans le traitement phytosanitaire en rapport avec l'agriculture biologique, les biopesticides sont moins toxiques sur l'environnement que les pesticides synthétiques. Ce qui marque les différences constatées dans les attaques des pathogènes à l'égard des cultures face aux actions de traitements. Aussi, quelle que soit l'efficacité relative des pesticides types, les agents pathogènes peuvent y opposer et manifester des résistances. A la longue ces résistances endommagent les cultures en diminuant le rendement (BERTRAND, 2006).

#### IV.2. 13. Le nombre de tubercules à la récolte

Le nombre de tubercules à la récolte n'est ni sous influence du traitement ni de substrat. Quelles que soient les différences numériques, ces nombres sont statistiquement identiques au niveau de tous les traitements. Ils varient de  $46 \pm 28$  (T2) à  $77 \pm 52$  tubercules (T4). Du côté de substrat, les nombres de tubercules à la récolte sont les mêmes au niveau de tous les substrats et varient entre  $48 \pm 30$  (Sub. To) et  $75 \pm 47$  tubercules (Sub. Bou).

Dans ses recherches portant sur la culture biologique de pomme de terre, FIBL, (2019) montre que le moment de la récolte des pommes de terre varie selon le cultivar, le climat, la maladie et la pression des ravageurs, et peut-être même du prix ou des conditions du marché, surtout que la constitution du sol entraîne souvent une maturation inégale des tubercules et un indice non négligeable de la pression des maladies et des ravages.

Conduit et renforcé par les travaux de GIZ (2018) et FIBL (2019), ces résultats sont liés d'une part aux manipulations techniques d'usage et d'autre part au hasard. La récolte des tubercules n'a pas attendu la fin du cycle végétatif, correspondant à la mort naturelle du feuillage, suite aux circonstances diverses dument justifiées. Cette récolte s'est faite en pleine phase de grossissement de tubercules. Ce qui pouvait occasionner des pertes en influant négativement sur la qualité des tubercules et le rendement.

#### IV.2. 14. Le poids (en kg) des tubercules à la récolte

Les poids des tubercules à la récolte sont significativement influencés par le traitement ou les pesticides T1, T2, T3 et T4. Ces poids ne sont pas sous influence de substrats utilisés. Ce poids est élevé en T4 ( $1946,9 \pm 1345$ ) et T3 ( $1345 \pm 803$  kg) et est moins satisfaisant en T2 et T1 ( $1006 \pm 737$  et  $959 \pm 414$  kg). Pour le substrat, le poids des tubercules est statistiquement identique au niveau de tous les substrats, leurs valeurs oscillant entre  $1158 \pm 853$  (Sub. To) et  $1409 \pm 888$  Kg (Sub. Bou). A égale intervention indistinctement, chaque substrat peut être utilisé pour fournir des tubercules en quantité favorable.



#### IV.2. 15. Le rendement (T/ha) de culture

Le rendement est significativement influencé par les pesticides ou les traitements T1, T2, T3, et T4 et n'est pas sous influence des substrats utilisés. Il est satisfaisant en T4 ( $5,4 \pm 3,7$  T/ha) et T3 ( $3,7 \pm 2,2$  T/ha) et moins satisfaisant en T2 et T1 ( $2,7 \pm 2$  et  $2,6 \pm 1,1$  T/ha). Cependant du côté du substrat il est identique au niveau de tous les substrats, les valeurs oscillant entre  $3,2 \pm 2,3$  (Sub. TO),  $3,8 \pm 2,5$  T/ha (Sub. Co) et  $3,9 \pm 2,4$  T/ha (Sub. Bou).

En association avec d'autres systèmes culturaux, exploitant la pomme de terre au Nord Kivu, ce rendement est faible. Il peut être justifié par les conditions du milieu marquées par une basse altitude du site expérimental, 1500 m pourtant la pomme de terre exige et produit mieux sur les hautes altitudes, excédant 1900 m (FIBL, 2007), comme celles des milieux de Masisi et de Nyiragongo.

Ces résultats en termes de rendement, par rapport aux substrats utilisés, sont en conformité avec les résultats des analyses du sol de culture avant la plantation et à la récolte. Ils rencontrent les travaux de WEIDMANN *et al.* (2019).

En raison de leur faible teneur en éléments nutritifs et faible capacité d'échange des bases, les sols latéritiques acides répandus sont naturellement peu fertiles et ont un faible potentiel de production. Il en est de même que le sol volcanique appauvri, sans fertilisation ou continuellement cultivé, les cultures y produisent que de faibles rendements. Quoiqu'il ait été amendé par le compost et la bouse, ce sol n'a pas marqué une différence statistique sur le rendement de culture de la pomme de terre PENAP sous expérimentation. Pour son amélioration, du fumier ou du compost animal bien traité serait nécessaire en forte proportion.

#### CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

En vue de préserver la sécurité alimentaire et le développement social sous l'approche écoclimatique, l'amélioration de la PDT dépend de l'engagement du capital humain par ses interventions, en termes de travail de terrain.

Pour augmenter la valeur agronomique du sol, impacter positivement l'amélioration et la productivité agricole, assurer l'autosuffisance alimentaire et le développement social à Goma au Nord Kivu, les techniques culturales intègrent l'approvisionnement des facteurs nutritionnels nécessaires à la croissance et au rendement de la PDT en culture. Ces facteurs sont les sels minéraux riches en potassium ou en bases échangeables. Ceux-ci étaient en grandes proportions dans le substrat à compost que celui à bouse de chèvre.

L'amendement du sol n'avait pas beaucoup impacté l'amélioration en terme du rendement de la PDT en culture. Par contre l'impact positif s'est confirmé par les traitements à base des pesticides, en luttant contre les maladies et les ravageurs pour assurer la productivité et le rendement. Pour l'amélioration du rendement de production, en plus de Dithane, la protection s'est bien confirmée avec l'usage des biopesticides fournis par les extraits aqueux des plantes dont l'ordre décroissant d'efficacité s'est révélée comme, Ail – Tabac – Eucalyptus.

A partir de la culture expérimentale de la pomme de terre PENAP, ce travail renforce l'engagement individuel et communautaire pour confirmer l'apport des techniques culturales dans l'amélioration de plantes en vue d'assurer l'autosuffisance alimentaires. Il confirme l'approche écoclimatique pour contribuer à la protection de l'environnement et le maintien de l'équilibre dans les milieux socioprofessionnels.

Cet effort présente le milieu de Goma avec ses potentialités pour améliorer les plantes vivrières, assurer l'autosuffisance alimentaire, défier la malnutrition et la sous-alimentation avec la culture de la PDT et contribuer au développement intégré.

Pour le succès dans les pratiques culturales, on recommande en ces termes :

- La valorisation du capital humain s'avère importante. Cela implique l'engagement et la mobilisation ou l'encadrement des masses populaires ciblées, pour les activités utilitaires, depuis le choix de terrain, le travail du sol et le suivi des différentes phases de culture.
- Tenir compte des exigences écologiques de la PDT. Soit cultiver à une haute altitude excédant 1900 m, sous des températures modérées, situées entre 10 et 22°C avec une moyenne de 15°C et l'humidité relative bien contrôlée pour réduire au maximum possible l'incidence des attaques dues aux maladies et aux ravageurs. Par renforcement, adapter la culture de la PDT, sous un climat équilibré, vers la fin de la saison pluvieuse. Avec une demande en eau assez élevée ou la pluviométrie estimée entre 500 et 750 mm à tous les stades de croissance, bien assurer et contrôler l'arrosage.
- L'ameublissement du sol et l'augmentation de sa valeur agronomique, afin de préserver le rendement de la culture de la PDT, bien maintenir le pH entre 5,5 et 7 et utiliser les engrais organiques dont le compost et/ ou la bouse de chèvre bien préparés pour enrichir le sol en bases échangeables.
- Dans l'amélioration des plantes, la lutte contre les maladies et les ravageurs doit intégrer les pratiques ou les techniques de l'agriculture biologique. Ces techniques dites alternatives comprennent la prévention et font usage aux prédateurs naturels, les auxiliaires, comme par exemple les coccinelles contre les pucerons ; aux variétés résistantes/ tolérantes comme PENAP; aux semences saines ; à la rotation des cultures ainsi qu'à l'usage des pesticides organiques

ou des biopesticides appropriés, comme ceux issus des extraits aqueux des plantes d'Eucalyptus, de Tabac et d'Ail dont les effets nous ont encouragés.

En gros, ces techniques de l'agriculture biologique et bien d'autres similaires sont bien adaptées pour améliorer les plantes. Ce sont des applications sûres, faciles à manipuler et n'ont qu'un effet négatif minime ou nul sur d'autres organismes, sur l'eau, le sol, l'air et les produits agricoles.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1]. ALMERAS JP et NYS JF., La santé dans le monde, dans Encyclopedia Universalis, 2015.
- [2]. ARHAGERERWA D., La pomme de terre dans le Nord Sud – Kivu, AgriProFocus RD Congo, 2019.
- [3]. AUDY P., Développement et utilisation de biopesticides dans le secteur de la pomme de terre,
- [4]. Centre de Recherche et de Développement de Québec, Canada, 2016
- [5]. Dagnelie P, PRINCIPES D'EXPERIMENTATION Planification des expériences et analyse de leurs résultats, les Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 2003.
- [6]. DIEHL R ; Agriculture générale T1, Les bases scientifiques de la production végétales : La pomme de terre, caractères et description des variétés, éd. Ballière et Fils, Paris, 1959.
- [7]. ELLISSCHE, Daniel, PELLE, Roland et ANDRIVON, Didier, La culture biologique de la pomme de terre : Critère de sélection variétale et production de plantes, 2000, p 26 - 31.
- [8]. FAOSTAT and AFRINA, TASKIN, PROFITABILTY ANALYSIS OF PATATO CULTIVATION: A STUDY ON SOME SELECTED AREAS OF MUNSHIGANJ DISTRICT, These de doctorat, 2020
- [9]. FIBL, Culture de pommes de terre, Agridea, France, 2007.
- [10]. HARAGAZWE, D., ATIENO, E, SCHULTE – GELDERMANN, R KROMANN, P., MAFOUO, H., ANAGHO, R, et FESTUS, K. A., Bonnes Pratiques Agricoles de Production de Pomme de terre de Consommation au Cameroun, Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement, Yaoundé Cameroun, 2018.
- [11]. KHELIFI - FI-SLAOUI M., KHELIFI L., DJENNANE S. et KHELIIATTI N., Facteurs influençant la micro tubérisation de trois variétés pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) : CARDINAL, DESIREE ET EL VIR A, Institut National Agronomique - El-Harrach 16200 Alger, 2000.
- [12]. KIMANUKA MIRUNO C., Goma et ses avenues, Institut national de statistiques, INS Direction Provinciale Nord Kivu, 2017.
- [13]. MANIRAGUHA BALIBUTSA M. A., De l'exploitation minière dans le Haut Katanga Industriel face aux Investissements REDD<sup>+</sup>, dans la Revue C.E.D.R.G.L. N<sup>o</sup>. Spécial, ISTOU – GOMA, Décembre 2019
- [14]. MERROUCHE A. et al, 2016, Etude préliminaire de l'activité insecticide des extraits des plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Nerium oleander*) à l'égard d'une espèce de moustique
- [15]. *Culex pipiens*, Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie, 2016.
- [16]. MUTUGA BYENDA B., NALWIDI BALEZI G., MWAPU ISUMBISHO P., ET LUBOBO KANYENGA A., Contribution à la lutte contre *Pseudomonas solanacearum* agent du flétrissement bactérien de *Solanum tuberosum* par les extraits de *Tephrosia vogelii* et *Nicotiana tabacum*, International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 14 No. 2, 2015, pp. 146-153
- [17]. NGOYI, A. et al, Effet des amendements organiques sur la croissance et le rendement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) cultivée sur un sol dégradé dans la région de Kabinda, République Démocratique du Congo, International Journal of Biological and Chemical Sciences, Russia, 2020, Vol. 14, no. 5 p. 1812 – 1819.
- [18]. OVG - Département de Géodésie et Géochimie, Extrait des données météorologiques de la ville de Goma, Inédit, OVG - Goma, 2022.
- [19]. ROUSSELLE, P., CROSNIER J. C. et ROBERT Y., La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. La pomme de terre, 1996, p 1- 640
- [20]. WABENGA B. & NTIBABAZA UWINEZA L, Analyse des facteurs de succès de conservation des légumes, livrés au commerce à Goma : *Solanum tuberosum*, *Amarantus specis* et *Brassicaoleracea*., CEDRGL, No. Spécial, Goma, 2019.
- [21]. WABENGA B., Etude comparative de la croissance et du rendement de culture de la tomate *Lycopersicon esculentum* sur un sol enrichi, CEDRGL, No. 12, Goma, 2018.