

Optimisation de la fertilisation du Haricot en condition de montagne humide et de sols ferrallitiques en Haïti

Jorgen Klishman CESAIRE¹, Marie Darline DORVAL^{1, 2}, Jean Rigaud CHARLES^{1, 2}, Wesly JEUNE^{1,3}, Gael H. PRESSOIR^{1, 2}, Evens JOSEPH^{1, 2 *}

¹Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement (FSAE), Université Quisqueya, Haïti

²Centre Haïtien d'Innovation sur les Biotechnologies et l'Agriculture Soutenable (CHIBAS), Haïti

³Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF), Haïti

* Auteur de correspondance : e.joseph@univ.edu

Résumé

L'acidité des sols agricoles est un facteur limitant de la production notamment pour la culture du haricot commun dans les régions tropicales. Afin de remédier à cette contrainte, une étude a été réalisée dans la commune de Kenscoff en vue de tester l'influence de la fertilisation chimique (NPK) sur les performances agronomique et économique de 3 variétés de haricot commun en condition de montagne humide (1500 m d'altitude) et de sols acides. Cinq (5) niveaux de fertilisant ont été fixés : N (0, 30, 60, 90, 120) ; P₂O₅ (0, 40, 70, 100, 140) et K₂O (0, 30, 60, 100, 120) en kg/ha. Trois (3) variétés ont été testées (DPC-40, PR 1423-110 et PR 1423-153) dans un dispositif en split plot avec 4 blocs. Le traitement et l'analyse des données ont été effectués avec les logiciels R (version 4.0.5) et Design Expert (version 12.1). Les doses croissantes de phosphore ont un effet positif sur la précocité du haricot. Pour le rendement en grain, les analyses de variance montrent que les tendances linéaires de N et de P ont un effet significatif, et les interactions N*P et N*K sont aussi significatives. Les doses moyennes de NPK respectives qui optimisent le rendement grain du haricot (1.5 T/ha) sont 34 : 81 : 14 kg/ha. Cette combinaison permet à un agriculteur haïtien d'avoir un profit supérieur à 300,000 HTG/ha (\$ 3,157.89 US) pour une campagne de production de haricot (4 mois). Les résultats ont montré qu'avec une fertilisation optimale on peut augmenter la production du haricot et améliorer le revenu des agriculteurs.

Mots clés : Haricot, Fertilisation, Sol acide, Variétés, Performances agronomiques et économiques

Introduction

Dans le monde, le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) est la légumineuse à grains la plus importante pour la consommation humaine (Broughton et al., 2003 ; Beebe, 2012). Vu sa richesse en protéine, il est très consommé par les ménages à faible revenu comme source de protéines d'origines végétales (Beebe et al., 2013) mais fournit également, comme d'autres légumineuses, les minéraux nécessaires dont le corps a besoin spécifiquement le fer (Graham et al., 2007 ; Beebe et al., 2013, Welch et al., 2020). De même, en Haïti, il joue un rôle important dans la diète alimentaire haïtienne vu qu'il est l'un des composants du plat quotidien haïtien "le riz et le haricot" (Jean et al., 1997; Célestin et al., 2019). Cette importance se fait sentir aussi par la Surface Agricole Utile (SAU) occupée par le haricot car 60 % de la SAU des légumineuses en Haïti sont occupées par le haricot (MARNDR, 2012). Même avec autant d'importance, la consommation locale du haricot estimée à plus de 115,000 TM en 2019 (FAOSTAT, 2020, USAID, 2010) n'est pas entièrement satisfaite par la production locale qui est de 93,995 TM (MARNDR, 2019 ; FAOSTAT, 2020) pour un rendement moyen de 0.7 T/ha (MARNDR,

2020 ; AREA, 2020). Cette insuffisance est comblée notamment par les dons représentant 5% de la consommation locale (PAM, 2010) et les importations qui sont de 26,014 TM environ (20% de la consommation locale) favorisant une fuite de devise de 30.9 Millions de dollars américains (FAOSTAT, 2020). Malheureusement, en Haïti, les producteurs de haricot subissent de nombreuses limitations comme les maladies notamment les mosaïques ou d'autres virus nuisibles très commun dans la région des Caraïbes (Beaver, 1999) ou encore des températures de plus en plus élevées avec les changements climatiques (Raphael, 2017), des sols érodés (Célestin et al., 2020), les mauvaises pratiques culturales (Paul et al., 2021) et, le pire peut-être, la mauvaise qualité des semences (Jean et al., 1997 ; César, 2017). Pour améliorer les performances agronomiques et économiques liées aux conditions de sols ferrallitiques, cet essai a été mis en place pour évaluer la réponse du haricot commun à différentes doses de fertilisation chimique sur les performances en sol acide.

Matériels et méthodes

De Juillet à Octobre 2019, l'expérience a été menée dans la commune de Kenscoff en Haïti (Latitude 18°26'43.8''N Longitude 72°17'24.8''W et Altitude 1516 m). Un dispositif split plot avec 4 blocs complets randomisés a été utilisé dans le cadre de cet essai suivant le Central Composite Rotable Design (arrangement composé rotatif central) permettant d'obtenir les combinaisons optimales des 3 facteurs (Ndiaye et Barry, 1995). Les fertilisants comme facteur principal (17 combinaisons de NPK plus le témoin sans apport de fertilisants) et le facteur variété (DPC-40, PR1423-110 et PR1423-153) comme facteur secondaire ont été expérimenté ce qui fait un total de 54 traitements par blocs. Des échantillons de sols à une profondeur de 30 cm ont été collectés pour les analyses de laboratoire. Les données ont été collectées sur les paramètres agronomiques et économiques afin d'effectuer des analyses statistiques descriptives (calcul des valeurs de tendance centrale et de variation) en utilisant les logiciels R (version 4.0.5) et Design Expert (Version 12.1).

Résultats et discussion

Les analyses statistiques ont montré que les effets de la fertilisation ont été significativement importants sur l'ensemble des variétés. Les doses croissantes de phosphore améliorent la précocité du haricot car le phosphore est un macroélément chez la plante qui stimule la floraison et intervient dans le processus de maturation des fruits ce qui est cohérent par rapport aux résultats de Deshommes (2018) et Veeresh (2003). Par contre, on pouvait observer une absence de l'effet du phosphore sur la phénologie du haricot si le phosphore présent dans le sol était suffisant ou si certains autres éléments empêchent l'absorption du phosphore par la plante (Tewari et Singh, 2000). Les résultats de l'ANOVA montrent que l'azote et le phosphore sont les deux facteurs qui ont un effet significatif sur le nombre de gousse par plante, un des indicateurs importants pour le rendement. La réponse pour le rendement en grain des variétés a été significativement différent pour les différents traitements. Cependant, les réponses sont différentes d'une variété à l'autre mais la variété PR1423-153 fournit une meilleure performance à la fertilisation (fig. 1) contrairement pour la variété locale DPC40. Cette augmentation en grain est cohérent par rapport aux résultats des travaux de Shubhashree et ses collègues (2011) et de Henson et Bliss (1991). En ce sens, l'analyse de la performance économique (tab.1) a un intérêt tout à fait intéressant car toute augmentation du rendement sans l'accroissement du revenu des agriculteurs n'est pas très intéressante même si

d'autres analyses pourraient être nécessaires sur la disposition à payer de ces agriculteurs pour accéder à cette amélioration du profit à l'hectare de la culture du haricot.

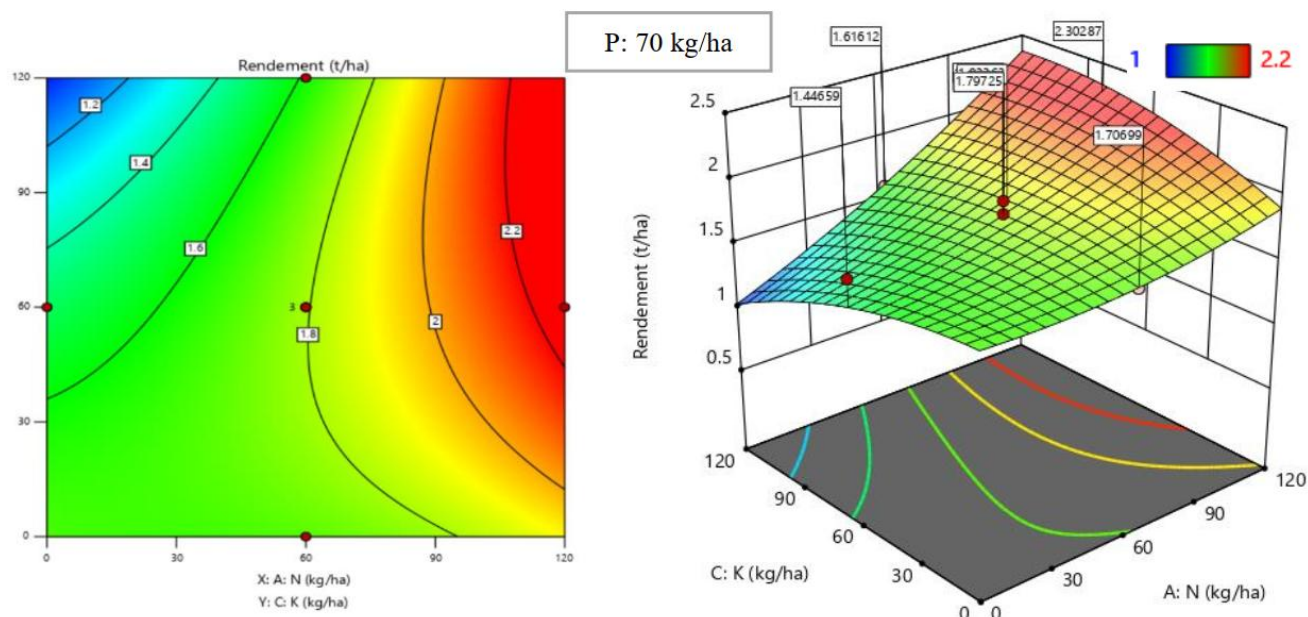


Figure 1.- La première figure est une représentation graphique en 2D présentant l'effet des facteurs NPK sur le rendement en grain de la variété PR1423-153. La partie en rouge montre les doses pour lesquelles on a le rendement maximal et la partie en bleu correspond au plus faible rendement. Les valeurs observées sur les lignes représentent les valeurs de rendements qu'on puisse obtenir en tenant compte des doses ciblées. La deuxième graphique en 3D est une réponse surface de l'effet des différentes doses de NPK. Avec les mêmes codes couleurs que le graphique en 2D, ce graphique présente les doses fournissant les rendements maximale optimale et minimale pour la fertilisation du haricot.

Tableau 1.- Effet des différentes doses d'engrais sur le rendement optimal et le profit maximal de la culture de haricot en sol acide

Variétés	Doses optimales			Rendement optimal (T/ha)	Rendement sans fertilisation (T/ha)	Profit / ha avec fertilisation (US \$)
	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)			
DPC40	34	81	14	1.5	0.4	3218.337
PR1423-110	58	59	17	1.7	0.5	3682.463
PR1423-153	58	65	16	1.8	0.6	3899.326

Les résultats des analyses économiques montrent que la culture du haricot est rentable mais cette rentabilité dépend en grande partie du choix d'effectuer la fertilisation. Une marge nette assez considérable peut être obtenue avec la fertilisation.

Conclusion

Le haricot est une culture majeure en Haïti vu son importance dans la diète alimentaire mais aussi une culture de rente. Cependant, diverses contraintes limitent la production du haricot en Haïti notamment l'acidification des sols. Les résultats de cette étude menée sur un site et sur une seule année ont montré qu'une application de phosphore et d'azote peut améliorer les performances agronomiques et économiques du haricot en condition de culture de montagne humide et sols ferrallitiques. Afin d'améliorer les résultats cette étude pourrait être conduite sur d'autres types de sols, d'autres zones agro écologiques ou peut-être sur d'autres variétés.

Bibliographie

- Appui à la Recherche et au Développement Agricole (AREA) (2020).** Un nouvel espoir : réduire l'insécurité alimentaire avec des haricots améliorés.
- Beaver J. S. (1999).** Adelantos en el mejoramiento de frijol andino caribeño. *Agronomía Mesoamericana* 10(1): 77-81. 1999
- Beebe, S. E. (2012).** Common bean breeding in the tropics. *Plant Breed. Rev.* 36, 357–426
- Beebe, S. E., Rao I. M., Blair M. W., et Acosta-Gallegos J., A. (2013).** Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in physiology*: March 2013 | Volume 4 | Article 35 doi: 10.3389/fphys.2013.00035
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., et Vanderleyden, J. (2003).** Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant Soil* 252, 55–128
- Célestin F., Mylavarapu R. S., Hochmuth G., Li Y. C. et Edzard V.S. (2019).** Response of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to phosphorus fertilization in acidic and alkaline soils in Haiti. *Journal of Plant Nutrition*. 43:1016–1024 doi:10.1080/01904167.2019.1702208.
- Célestin F., Mylavarapu R. S., Hochmuth G. J., Li Y., Jeune W., et Edzard V. S. (2020).** Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) response to potassium fertilization in two different soils in Haiti, *Journal of Plant Nutrition*, DOI:10.1080/01904167.2020.1783309
- César J. (2017).** Pratiques paysannes de gestion des semences et diversité génétique du haricot (*Phaseolus vulgaris* L) à Cayes-Jacmel, commune du département du Sud-Est, Haïti. Mémoire de fin d'études Master 2.
- Deshommes, W., (2018).** Réponse de quatre variétés de haricot à des doses croissantes de phosphore dans les conditions de sols acides à Kenscoff (mémoire de licence). Université Quisqueya, Port-au-Prince.
- FAOSTAT (2019).** Cultures et produits animaux. Consulté en ligne <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL> (10 Décembre 2022)
- FAOSTAT (2020).** Cultures et produits animaux. Consulté en ligne <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/TCL> (10 Décembre 2022)
- Graham, R. D., Welch, R. M., Saunders, D. A., Ortiz-Monasterio, I., Bouis, H. E., Bonierbale, M. (2007).** Nutritious subsistence food systems. *Adv. Agron.* 92, 2–75
- Henson, R. A., et Bliss, F. A. (1991).** Effects of N fertilizer application timing on common bean production. *Fertilizer research*, 29(2), 133-138.

- Jean Y., Shannon D. A., Brockman F. E., Moise J. et Prophète E. (1997).** Essai comparatif de variétés de haricots résistants à la Mosaïque dorée et au Stress de Chaleur. HAITI PRODUCTIVE LAND USE SYSTEMS PROJECT SOUTH-EAST CONSORTIUM FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT and AUBURN UNIVERSITY
- Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et le Développement Rural (MARNDR). (2009).** Synthèse Nationale des Résultats du recensement général de l'agriculture. pp40
- MARNDR (2012).** Résultats des Enquêtes Nationales de Production Agricole (ENPA). Unité de Statistique Agricole et Informatique. Programme Multisectorielle de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (PMSAN)
- MARNDR (2019).** Résultats des Enquêtes Nationales de Production Agricole (ENPA). Unité de Statistique Agricole et Informatique. Programme Multisectorielle de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (PMSAN).
- Ndiaye, J. P., et Barry, B. (1995).** Fonctions de production, isoquantes et doses optimales d'azote, de phosphore et de potassium pour quelques cultures dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal.
- Paul B., Freguin-Gresh S., Marzin J., Pressoir G., Boyer J., Baranger C., Durone J. B., Estime D., Pierre Y., Joseph P., Charles J. R. et Joseph E. (2021).** Diagnostic agro-socio-économique de la commune de Saint Michel de l'Attalaye. PROJET « Conception et développement d'un programme de recherche-formation-vulgarisation agricole sur l'adaptation au changement climatique à Saint Michel de l'Attalaye, Haiti » (LOT 2 – MANRDR/ PMDN/SCBD-2/18).
- Programme Alimentaire Mondiale (PAM) (2010).** Evaluation d'urgence de la sécurité alimentaire
- Raphael, C. (2017).** Selection of Common Bean to Broad Environmental Adaptation in Haiti. AREA-UF/IFAS. Grain Legume Research Conference, Burkina Faso.
- Shubhashree, K. S., Alagundagi, S. C., Hiremath, S. M., Chittapur, B. M., Hebsur, N. S., et Patil, B. C. (2011).** Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium levels on growth, yield and economics of rajmash (*Phaseolus vulgaris*). Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 24(3).
- Tewari, J. K., et Singh, S. S. (2000).** Effect of nitrogen and phosphorus on growth and seed yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Vegetable Science, 27(2), 172-175.
- USAID (2010).** Cartographie et analyse d'urgence du marché: le marché des haricots dans le département du sud-est d'haiti. microRAPPORT #164 ; Avril 2010.
- Veeresh, N. K. (2003).** Response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to fertilizer levels in Northern Transitional Zone of Karnataka. M. Sc. (Agri.) Thesis, Univ. Agric. Sci., Dharwad, 37-79.
- Welch, R. M., House, W. A, Beebe S. E., Senadhira, D., Gregorio, G. B. et Cheng Z. (2020).** Testing iron and zinc bioavailability in genetically enriched beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) in a rat model. Food and Nutrition Bulletin, vol. 21, no. 4 © 2000, The United Nations University.

Optimisation de la fertilisation chez le Haricot en condition de montagne humide et de sols ferrallitiques

Jorgen Klishman CESAIRE¹, Gael PRESSOIR^{1,2}, Evens JOSEPH^{1,2*}

¹ Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement, Université Quisqueya, Port-au-Prince, Haïti

² Centre Haïtien d'Innovation sur les Biotechnologies et l'Agriculture Soutenable (CHIBAS), Haïti

* Auteur de correspondance : e.joseph@uniqu.edu

Résumé

L'acidité est un facteur limitant de la production de certaines cultures notamment la culture du haricot commun dans les régions tropicales. Vu cette contrainte d'acidité, une étude a été réalisée dans la commune de Kenscoff en vue de tester l'influence des doses croissantes d'azote, de Phosphore et de potassium sur la performance agronomique de 3 variétés de haricot commun en condition de sols acides. Cinq niveaux de chaque facteur ont été fixés ; N (0 ;30 ;60 ;90 ;120) ; P2O5 (0 ;40 ;70 ;100 ;140) et K2O (0 ;30 ;60 ;100 ;120) en kg/ha. Trois (3) variétés ont été testées dans l'expérience soit, DPC-40 et deux variétés améliorées (PR 1423-110 et PR 1423-153) et un dispositif en split plot a été utilisé sur le terrain avec 4 blocs. Les doses croissantes de phosphore ont un effet positif sur la précocité des 3 variétés. Pour le rendement en grain des variétés, les résultats de l'ANOVA montrent que le potassium n'a pas un effet significatif. La variété 1 (DPC-40) a besoin de 103:99:78 (N, P2O5, K2O en kg/ha) pour un rendement maximal de 1.9 T/ha ; la variété 2 (PR 1423-110) a besoin de 113:112:62 pour atteindre 2.1 T/ha et la variété 3 (PR 1423-153) a besoin de 117:107:71 pour un rendement maximal de 2.2 T/ha. L'analyse économique a permis de voir les combinaisons qui procurent un maximum de profit soit, 34:81:14 (N, P2O5, K2O en kg/ha) pour la variété 1 (DPC-40) ; 58:59:17 pour la variété 2 (PR 1423-110) et 58:65:16 pour la variété 3 (PR 1423-153).

Mots clés : Haricot, Fertilisation, Sol acide, Variétés, Performances agronomiques et économiques

Introduction

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) occupe une place importante parmi les légumineuses cultivées en Haïti avec une occupation de 60% de la SAU totale (MARNDR, 2009). Il joue un rôle important dans la diète alimentaire haïtienne vu qu'il est l'une des composantes du plat quotidien haïtien "le riz et le haricot" (Jean et al., 1997; Célestin et al., 2019). Même avec autant d'importance, la production nationale estimée à 93 786 TM (MARNDR, 2019) pour un rendement de 0.7 T/ha (MARNDR, 2019) n'arrive pas à satisfaire la consommation nationale et engendre une importation de 16,648 T pour cette même année (FAOSTAT, 2019). Malheureusement, en Haïti, les producteurs de haricot subissent de nombreuses limitations comme l'infestation des mosaïques ou d'autres virus nuisibles dans la région des Caraïbes ou encore des températures de plus en plus élevées avec les changements climatiques, des sols érodés (Célestin et al., 2020), les mauvaises pratiques culturales et, le pire peut-être, la mauvaise qualité des semences (Jean et al., 1997). Pour améliorer les performances, diminuer la dégradation des sols et les charges liées à la production du haricot, cet essai a été mis en place pour tester différentes doses de fertilisation chimique sur les performances du haricot en sol acide.

Matériel et Méthodes

- ❑ Zone d'étude → Kenscoff durant la période de juillet à Octobre 2019 en condition de sol acide (pH= 5.53)
- ❑ Dispositif expérimental en split plot avec 4 blocs → Facteur de fertilisation comme facteur principal avec dix sept (17) combinaisons de N, P2O5, K2O plus le témoin (sans apport de fertilisants) et le facteur variétale avec 3 modalités (DPC-40, PR1423-110, PR1423-153) comme facteur secondaire.
- ❑ Composite Rotable Design (CCRD) pour 3 facteurs qui de l'hypothèse que la surface de réponse peut être décrite par un polynôme de second degré $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_1^2 + b_5X_2^2 + b_6X_3^2 + b_7X_1X_2 + b_8X_1X_3 + b_9X_2X_3$ avec X_1 , X_2 et X_3 représentant les doses d'Azote, de Phosphore, de Potassium et $b_0, \dots, b_9$ les coefficients de regression.
- ❑ Trois variétés → DPC40, PR1423-110 et PR1423-153 (tolérante aux maladies virales, fongiques et fort potentiel de rendement).
- ❑ Analyse des données → Analyses statistiques descriptives (calcul des valeurs de tendance centrale et de variation). Tests paramétriques si c'est normalement distribué ou des tests non paramétriques en cas contraire. Utilisation des logiciels R version 4.0.5. et Design Expert (Version 12.1) pour les différentes analyses.

Résultats

Les analyses statistiques ont montré que les effets de la fertilisation ont été significativement importants (fig. 1 et 2) sur l'ensemble des variétés. Les performances agronomiques présentent une très grande importance avec la fertilisation.

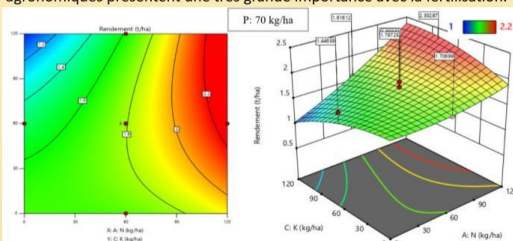


Figure 1 et 2- La première figure est une représentation graphique en 2D présentant l'effet des facteurs NPK sur le rendement en grain de la variété PR1423-153. La partie en rouge montre les doses pour lesquelles on a le rendement maximale et la partie en bleu correspond au plus faible rendement. La deuxième figure est également une réponse surface de l'effet des différentes doses de NPK. Avec les mêmes codes couleurs, ce graphique présente les doses fournissant le rendement maximale et minimale

L'analyse économique a pour objectif principal de déterminer les doses de N, de P et de K qui procurent le maximum de profit aux agriculteurs pour chaque variété. De ce fait, le tableau suivant (tab. 1) présente les différentes doses de NPK qui maximisent le profit que génère la fertilisation du haricot.

Tableau 1.- Effet des différentes doses d'engrais sur le rendement optimale et le profit maximale de la culture de haricot en sol acide

Variétés	Doses optimales (économiques)			Rendement optimal (T/ha)	Rendement sans fertilisation (T/ha)	Gain de rendement (%)	Profit / ha (HTG)
	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)				
DPC40	34	81	14	1.5	0.4	275	305 742.3
PR1423-110	58	59	17	1.7	0.5	240	349 834.4
PR1423-153	58	65	16	1.8	0.6	200	370 436.7

Discussions et conclusion

- ❑ Le phosphore est un élément important pour la plante et présente un effet important sur la phénologie du haricot (Précocité).
- ❑ Le phosphore est un macroélément chez la plante qui stimule la floraison et intervient dans le processus de maturation des fruits.
- ❑ L'azote est le facteur qui influence fortement le nombre de gousse par plante et c'est un élément primordial pour l'élaboration de la biomasse.
- ❑ Le rendement en grain augmente avec l'application du N P K selon les résultats de cette étude mais l'azote est le facteur qui influence beaucoup plus le rendement en grain pour toutes les variétés en question

Récommandation paquets technique

La Fertilisation est importante sur le haricot commun car cela permet d'avoir un gain de rendement important ce qui fournit un profit proche de 350 mille HTG/ha pour les doses de NPK respectives de 58 - 65 - 16 kg/ha pour la variété PR1423-110.

Bibliographie

- Célestin F., Mylavarapu R. S., Hochmuth G., Li Y. C. et Edzard V.S. (2019). Response of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to phosphorus fertilization in acidic and alkaline soils in Haiti. *Journal of Plant Nutrition*. 43:1016-1024 doi:10.1080/01904167.2019.1702208.
- Célestin F., Mylavarapu R. S., Hochmuth G. J., Li Y., Jeanne W., et Edzard V. S. (2020). Black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) response to potassium fertilization in two different soils in Haiti. *Journal of Plant Nutrition*. DOI:10.1080/01904167.2020.1783309
- FAOSTAT (2019). Cultures et produits animaux. Consulté en ligne <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL> (10 Décembre 2022)
- Jean Y., Shannon D. A., Brockman F. E., Moise J. et Prophete E. (1997). Essai comparatif de variétés de haricot résistantes à la Mosaïque dorée et au Stress de Chaleur. HAITI PRODUCTIVE LAND USE SYSTEMS PROJECT SOUTH-EAST CONSORTIUM FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT AND AUBURN UNIVERSITY
- Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et le Développement Rural (MARNDR). (2009). Synthèse Nationale des Résultats du recensement général de l'agriculture. p440
- Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et le Développement Rural (MARNDR). (2019). Résultats des Enquêtes Nionales de Production Agricole (ENPA). Unité de Statistique Agricole et Informatique. Programme Multisectorielle de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (PMSAN).