Note de travail

Groupe Phosphore

Evaluation de la gamme d'exportations du phosphore des prairies réunionnaises par l'utilisation des équations de dilution en azote et phosphore

Saint Pierre, La Réunion, 25 novembre 2022

Maëva MIRALLES-BRUNEAU, Cirad - ES – UMR SELMET

Ce rapport a été élaboré dans le cadre du programme FEADER CAPTERRE du CIRAD Réunion – Mayotte.

Référence à citer :

Maëva Miralles-Bruneau, 2022, évaluation de la gamme d'exportations du phosphore des prairies réunionnaises par l'utilisation des équations de dilution en azote et phosphore. Saint Pierre (La Réunion) : Cirad, Département ES - UMR SELMET, 10 pages.

© Cirad, Département ES / UMR SELMET / Direction régionale Réunion - Mayotte, 2022.

SOMMAIRE

Table des matières

Contexte et objectif 4

Méthode 4

Description des cas types 4

- Cas types 4
- niveaux de rendements 5
- Teneurs en phosphore du fourrage produit 5

Calcul des exportations 6

- Méthode de calcul 6
- Exportations en phosphore 7

Discussion 7

bibliographiques 8

Annexe 10

Fiche technique - besoins en phosphore et potassium des prairies 10

CONTEXTE ET OBJECTIF

La méthode décrite ci-dessous vise à estimer une gamme d'exportation annuelle en phosphore des prairies réunionnaises, pour une typologie de prairies représentative des pratiques actuelles et à venir. La méthode utilisée reprend une approche utilisée en 2020, par l'Association Réunionnaise de Pastoralisme (ARP), pour définir des grilles de références pour le conseil en fertilisation des prairies (Miralles-Bruneau, 2022; Miralles-Bruneau et al., 2020). Celle-ci a été révisée avec de nouvelles hypothèses de travail. Cette approche s'inscrit dans le cadre d'une demande de la DAAF, de la Chambre d'Agriculture, et des filières d'élevages de la Réunion de réactualiser les exportations de phosphore des cultures, dans une optique de redéfinition des règles d'élaboration des plans d'épandages.

METHODE

La méthode décrite ci-dessous se découpe en deux étapes : 1) une définition de cas type, ainsi que leur niveau de production et les teneurs en azote et phosphore des fourrages produits, et 2) le calcul des exportations en phosphore.

DESCRIPTION DES CAS TYPES

CAS TYPES

Douze cas type ont été définis selon trois zones géographiques et quatre niveaux d'intensification des prairies. Les cas type sont répartis en trois zones altitudinales, dont les conditions climatiques sont connues pour influer sur le niveau de production (Gilibert, 1981; Mandret et al., 2000; Thomas et al., 2004) et de teneurs en phosphore du fourrage (Mandret, 1996) :

- Zone littorale (0 – 500 m)
- Zone de mi-pente (500 – 1000 m)
- Zone des Hauts (1000 – 2000 m)

Pour chaque zone altitudinale, on distingue quatre niveaux de productivité, associés à un itinéraire technique et un niveau de rendement (table 1) :

- *Maximum :* il représente le niveau de productivité le plus élevé permit par le climat, pour des pratiques qui optimise la production (fertilisation, rythmes d'exploitation, entretien des prairies…). Il correspond au rendement maximal moyen obtenus dans le cadre des essais menées par l'IRAT et le CIRAD à la Réunion, pour chaque zone. Actuellement, il est atteint par quelques producteurs.
- *Optimisé :* il représente le niveau de productivité moyen permis par le climat, pour des pratiques qui optimise la production. Il correspond au rendement moyen obtenu dans le cadre des essais menés par l'IRAT et le CIRAD à la Réunion, pour chaque zone. Actuellement, il est atteint par une partie des producteurs. C'est le niveau de rendement visé, à moyen terme, par les filières, pour atteindre leurs objectifs d'autonomie fourragère et de croissance.
- *Semi-extensif :* il représente un niveau de production semi-extensif, où la productivité des prairies est partiellement optimisée (niveau de fertilisation, niveau de chargement et rythme d'exploitation), en lien avec les objectifs de productions, et les contraintes organisationnelles et

structurelles propres à chaque exploitation. Le rendement associé a été défini sur la base d'essais et d'enquêtes réalisées en exploitations. Actuellement, il est atteint par une grande partie des producteurs.

- *Extensif :* il représente un niveau de production extensif, où la productivité des prairies n'est pas optimisée, voir sous-valorisée (peu ou pas de fertilisation, chargement faible, rythmes d'exploitation longs, peu d'entretien des prairies) en lien avec les objectifs de productions, et les contraintes organisationnelles et structurelles propres à chaque exploitation. Le rendement associé a été défini sur la base d'enquêtes réalisées en exploitations. Actuellement, il est atteint par une partie des producteurs.

NIVEAUX DE RENDEMENTS

Pour chaque cas type, un rendement annuel moyen (table 1) a été défini sur la base du niveau de production et d'exploitation (nombre de coupe). Ce rendement annuel de référence a été réparti sur la saison des pluies et la saison sèche en fonction de la zone géographique :

- Zone littorale : 55 % en saison des Pluies, et 45 % en saison sèche
- Zone mi-pente : 60 % en saison des Pluies, et 40 % en saison sèche
- Zone Hauts : 60 % en saison des Pluies, et 40 % en saison sèche

Les rendements saisonniers ainsi obtenus ont été divisés par le nombre de coupe saisonnier, défini en fonction de la zone et du niveau de productivité, afin d'obtenir un rendement moyen saisonnier de référence pour chaque cas type.

TENEURS EN PHOSPHORE DU FOURRAGE PRODUIT

Sur la base d'hypothèses de rendements moyens saisonniers définis pour chaque cas type, une teneur en azote (%) et phosphore du fourrage (g/kg MS) a été défini en appliquant les équations de dilution de l'azote et du phosphore utilisées à la Réunion (Blanfort, 1998; Grimaud et al., 2007). Pour le taux d'azote, deux équations sont utilisées, respectivement pour les prairies de type tempéré (C3) et tropical (C4). Pour les zones littoral et mi- pente, c'est l'équation tropicale (C4) qui est appliquée. Pour la zone des Hauts, c'est l'équation tempérée (C3) qui est appliquée.

Equations de dilution de l'azote : $\%N_{C3} = \mathbf{4,8} \times Rdt^{-0,32}$; $\%N_{C4} = \mathbf{3,6} \times Rdt^{-0,34}$ (Blanfort, 1998)

Equation de dilution du phosphore : $P\% = \mathbf{0,15} + \mathbf{0,065}\ \%N$ (Jouany et al., 2021)

Les teneurs ainsi obtenus sont présentées dans la table 1. On obtient des teneurs en phosphore qui varient de 2,81 à 4,24 g/kg MS. Ce sont des teneurs qui correspondent aux gammes qui ont été observées aux cours des études réalisées par le passé (Bigot, 1991; Fritz, 1973, 1971; Hassoun and Latchimy, 2001; Loynet, 1972; Mandret, 1996; Miralles-Bruneau and Pellier, 2019). Celles-ci variaient de 0,8 à 6,2 g/kg MS, avec des teneurs majoritairement comprises entre 2 et 3,5 g/Kg MS. Dans le cas de notre approche, on n'observe pas de teneurs en dessous de 2,5 g/kg MS. Cela s'explique par le fait que la méthode utilisée ici permet de calculer un niveau potentiel théorique atteint en conditions d'alimentation non-limitantes. Or, les travaux menés par le Cirad, entre 1992 et 1997 ont mis en avant une sous-nutrition des prairies en phosphore (Blanfort, 1998; Blanfort and Thomas, 1997, 1995), et donc, des teneurs en dessous des valeurs potentielles.

Table 1 : Hypothèse de nombre d'exploitation, de rendements (t MS/ha), et de teneurs en azote (%) et phosphore (g / kg MS) pour les douze cas types

Zone d'étude	ITK	Nombre de coupes		Rendement (t MS/ha)			Teneur N (% MS)		teneur P (g/kg MS)	
		Sai. Pluies	Sai. Sèche	Annuel	Sai. Pluies	Sai. Sèche	Sai. Pluies	Sai. Sèche	Sai. Pluies	Sai. Sèche
Littoral (0-500 m)	Maximum	4	4	40	5,5	4,5	2,02	2,16	2,81	2,90
	Raisonné	4	4	30	4,1	3,4	2,22	2,38	2,95	3,05
	Semi-extensif	4	3	17	2,3	2,6	2,70	2,62	3,25	3,20
	Extensif	3	2	13	2,4	2,9	2,68	2,50	3,24	3,12
Mi-pente (500-1000 m)	Maximum	4	3	30	4,5	4,0	2,16	2,25	2,90	2,96
	Raisonné	4	3	25	3,8	3,3	2,30	2,39	2,99	3,05
	Semi-extensif	3	3	15	3,0	2,0	2,48	2,84	3,11	3,35
	Extensif	3	2	8	1,6	1,6	3,07	3,07	3,49	3,49
Hauts (1000-2000 m)	Maximum	4	2	25	3,8	5,0	3,14	2,87	3,54	3,36
	Raisonné	4	2	20	3,0	4,0	3,38	3,08	3,70	3,50
	Semi-extensif	3	2	12	2,4	2,4	3,63	3,63	3,86	3,86
	Extensif	3	1	7,5	1,5	3,0	4,22	3,38	4,24	3,70

CALCUL DES EXPORTATIONS

METHODE DE CALCUL

Les exportations sont déterminées, pour chaque cas type, en multipliant le rendement de référence de la prairie à la teneur en phosphore de référence du fourrage, en appliquant la formule suivante :

Exportation (kg P/ha) = rendement (t MS) x teneur en phosphore (g/kg MS).

Le calcul se fait à l'échelle de la saison, et la somme des exportations saisonnières donne l'exportation annuelle.

Les niveaux de rendements et teneurs en phosphores saisonniers définis précédemment permettent d'obtenir des valeurs pour des conditions optimales de nutrition des prairies. Les précédentes études ont mis en avant une grande variation du niveau de nutrition des prairies (Blanfort, 1998; Blanfort et al., 2000; Blanfort and Thomas, 1995; Grimaud et al., 2007). Aussi, il a été utilisé les données issues des campagnes de mesures des indices de nutrition de l'UAFP et de l'ARP, pour caractériser la gamme de variation du niveau de nutrition en phosphore des prairies à la Réunion. Au total, ce sont 1738 indices de nutritions phosphatés (iP) qui ont été réalisés entre 1996 et 2021, par l'UAFP entre 1996 et 2004 (1262 indices), et par l'ARP entre 2017 et 2021 (476 indices).

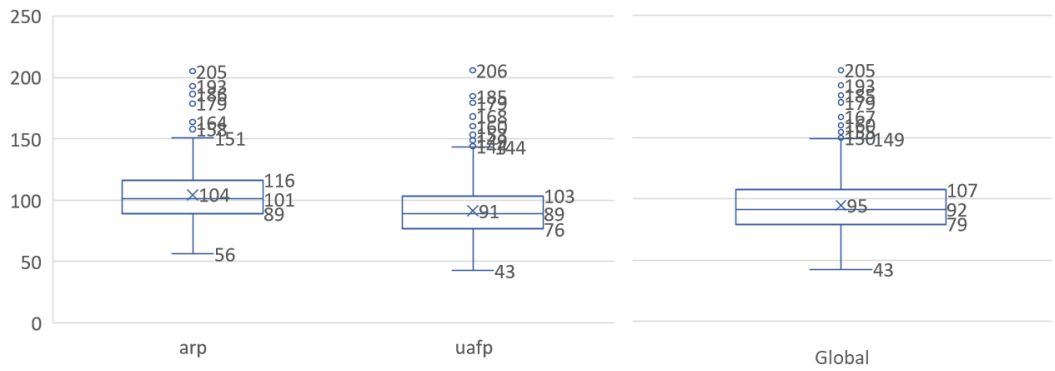


Figure 1 : Boxplot individuels et globale des deux campagnes de mesure des indices de nutrition en phosphore (%), menés par l'UAFP, puis l'ARP, entre 1996 et 2021.

Les indices iP varient de 43 à 207, pour une moyenne globale de 95. Quand on observe les indices par campagne, les indices issus des suivis de l'ARP tendent à être un peu plus élevés (± 10 unités). Cette tendance peut s'expliquer par un effet d'échantillons. Ce jeu de données inclus à la fois des producteurs suivis par l'ARP, s'étant engagés sur une base de volontariat et plus encline à raisonner leurs pratiques, et des suivis d'essais.

Les 1er et 3e quartile du boxplot du jeu de données globales (respectivement 79 et 107) ont été utilisés pour estimer les valeurs bases et hautes d'exportation. Les valeurs ont été arrondies à 80 et 110. Aussi, la valeur moyenne d'exportation, pour chaque situation, correspond à indice de nutrition de 100. La valeur basse d'exportation correspond à 80 % de l'exportation moyenne. La valeur haute correspond à 110 % de la valeur moyenne d'exportation.

EXPORTATIONS EN PHOSPHORE

Les exportations obtenues selon la méthode décrite ci-dessus, varient de 22 à 126 kg P/ha/an. Le niveau de rendement semble être le facteur de variation le plus impactant.

Table 2 : Estimation des exportations en phosphore de 12 types de prairies (kg P/ha/an), pour trois hypothèses de niveau de nutrition (indice de nutrition iP)

Zone d'étude	ITK	Exportation P (kg P/ha/an)		
		iP = 80	*iP = 100*	*iP = 110*
Littoral (0-500 m)	Maximum	91	**114**	126
	Optimisé	72	**90**	99
	Semi-extensif	44	**55**	60
	Extensif	33	**41**	46
Mi-pente (500-1000 m)	Maximum	70	**88**	97
	Optimisé	60	**75**	83
	Semi-extensif	38	**48**	53
	Extensif	22	**28**	31
Hauts (1000-2000 m)	Maximum	69	**87**	95
	Optimisé	58	**72**	80
	Semi-extensif	37	**46**	51
	Extensif	24	**30**	33

On obtient des résultats similaires à ceux obtenus lors de précédentes études. Les essais menés entre 1970 et 2020 avaient mis en avant des exportations variant de 21 à 131 kg P/ha/an, toute prairies confondues (Bigot and Fontaine, 1991; Fritz, 1973, 1972, 1971, 1967; IRAT, 1978; Loynet, 1976; Miralles-Bruneau et al., 2020).

DISCUSSION

Les exportations estimées varient de 22 à 126 kg P/ha/an. On obtient des résultats similaires à ceux obtenus lors de précédentes études. Cette grille pourrait être réajustée, en fonction des objectifs recherchés, en élargissant et affinant les hypothèses basses et hautes de niveau de nutrition des prairies. Les valeurs bases et hautes pourraient être ajustées en fonction du niveau de productivité du type de prairies (iP prairies extensives variant de 60 à 110). Les hypothèses de travail pourraient être revues en fonction des attentes de la DAAF.

BIBLIOGRAPHIQUES

Audru, J., 1985. Identification de thèmes de recherche-développement pour l'établissement d'un programme d'activités en agropastoralisme.

Bigot, A., 1991. Cinétique de la productivité et de la valeur alimentaire du Kikuyu en fonction de la saison dans les Hauts de Montvert (ferme SEDAEL de Montvert - 1989). Ile de la Réunion (monograph). Maisons-Alfort : CIRAD-IEMVT, Ile de la Réunion.

Bigot, A., Fontaine, O., 1991. Prairies pour les hauts de l'ouest (Synthèses et études spécifiques). CIRAD - Pôle élevage Réunion, Saint Pierre - La Réunion.

Blanfort, V., 1998. Agroécologie des pâturages d'altitude à l'île de la Réunion : pratiques d'éleveurs et durabilité des ressources herbagères dans un milieu à fortes contraintes (thesis). CIRAD-EMVT.

Blanfort, V., Thomas, P., 1997. Gestion raisonnée des prairies en intégration avec l'environnement - synthèse 1997. CIRAD, UAFP, Saint Pierre - La Réunion.

Blanfort, V., Thomas, P., 1995. Gestion raisonnée des prairies en intégration avec l'environnement : rapport annuel 2015 (Rapport annuel No. 2). CIRAD - EMVT ; Union des Associations Foncières Pastorales, Saint Pierre - La Réunion.

Blanfort, V., Thomas, P., Fontaine, O., Riviere, E., 2000. La gestion agroécologique des prairies, in: L'élevage bovin à la Réunion : Synthèse de quinze ans de recherche, Repères. CIRAD, Montpellier, pp. 129–163.

Fritz, J., 1973. Influence de la hauteur de coupe sur la production de Chloris gayana, in: Rapport IRAT 1973. La Réunion, pp. 119–123.

Fritz, J., 1972. Essai de fertilisation phosphatée de Chloris Gayana - Colimaçon 1968-1972 (Fiches d'essais IRAT No. 75). IRAT, La Réunion.

Fritz, J., 1971. Recherches sur les productions fourragères effectuées par l'IRAT - Réunion 1963-1970. L'Agronomie Tropicale 26, 1248–1269.

Fritz, J., 1967. Essai de fertilisation azotée de chloris gayana aux colimaçons, in: Rapport annuel IRAT 1967. La Réunion, pp. 93–106.

Gilibert, J., 1981. Productions fourragères en plein champ à la Réunion : quantités - qualités.

Grimaud, P., Thomas, P., Blanfort, V., Lecomte, P., 2007. Herbage mineral nutrition indexed as tools for rapid mineral status diagnosis in tropical pastures. African Crop Science Journal 15, 101–109.

Hassoun, P., Latchimy, J.-Y., 2001. Caractéristiques et valorisation des rations dans les troupeaux bovins laitiers à la réunion. RATION VL. Un programme pour le rationnement en exploitations laitières bovines (monograph). CIRAD - Pôle élevage Réunion, Saint Pierre - La Réunion.

IRAT, 1978. Comment cultiver le chloris à la Réunion? (Fiche IRAT Réunion No. n°20). IRAT, La Réunion.

Jouany, C., Morel, C., Ziadi, N., Bélanger, G., Sinaj, S., Stroia, C., Cruz, P., Theau, J.-P., Duru, M., 2021. Plant and soil tests to optimize phosphorus fertilization management of grasslands. European Journal of Agronomy 125, 126249. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126249

Loynet, G., 1976. Résultats d'analyses de l'essai qualité-production sur chloris gayana à Mon Caprice (Fiches IRAT Réunion No. N°29). IRAT, La Réunion.

Loynet, G., 1972. Réponse à des doses croissantes de phosphore sur chloris gayana à la station du bras de la plaine (Fiches d'essais IRAT No. 41). IRAT, Saint Pierre - La Réunion.

Mandret, G., 1996. Carences minérales des prairies sur andosol à la Réunion. Fourrages 141–148.

Mandret, G. (ed), Hassoun, P. (ed), Paillat, J.-M. (ed), Tillard, E. (ed), 2000. L'élevage bovin à la Réunion : Synthèse de quinze ans de recherche. CIRAD.

Miralles-Bruneau, M., 2022. Analyse de la méthodologie de calcul des exports de phosphore des prairies développée par l'ARP (monograph). CIRAD ES UMR SELMET, Saint Pierre - La Réunion.

Miralles-Bruneau, M., Dutreuil, F., Legendre, E., 2020. Besoins en phosphore et potassium des prairies.

Miralles-Bruneau, M., Pellier, Y., 2019. Teneurs en minéraux et oligo des fourrages réunionnais.

Thomas, P., Barbet-Massin, V., Grimaud, P., Michon, A., 2004. Guide technique pour la création et la valorisation des prairies à la Réunion.

ANNEXE

FICHE TECHNIQUE - BESOINS EN PHOSPHORE ET POTASSIUM DES PRAIRIES

Besoins en phosphore et potassium des prairies

Edition : ARP - Réalisation : Maëva Miralles-Bruneau, Fabien Dutreuil, Emmanuel Legendre - Juin 2020

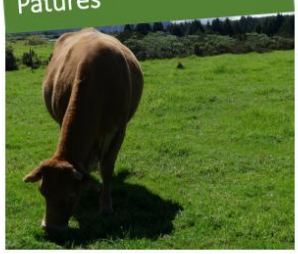
Le phosphore et le potassium sont deux éléments nécessaires au bon développement des prairies. Il faut s'assurer que leurs besoins soient couverts pour assurer ses objectifs de rendement. Les besoins en phosphore et potassium présentés ici sont des valeurs moyennes dites « optimales » pour atteindre un objectif de rendement donné. L'absorption peut être inférieure ou supérieure aux besoins selon le contexte. Dans ce dernier cas, on parle de consommation de luxe.

Besoins en phosphore des prairies *(kg P/ha/an)*

Les besoins en phosphore des prairies sont faibles comparé à l'azote, mais il ne doit pas être limitant pour bien valoriser l'azote. Il accélère et améliore la croissance de l'herbe : il est important pour gagner en rendement. Le phosphore du sol peut être bloqué pour la plante, si le sol est acide *(pH < 5,5)*. Il est conseillé de réaliser régulièrement un diagnostic de nutrition *(tous les 3-5 ans)* pour s'assurer que les prairies sont bien alimentées, particulièrement pour les sols acides.

En cas de carence, on préconise d'apporter au maximum 100 kg P/ha/an, et de corriger le pH si nécessaire.

Pâtures



Rdt	Rotation rapide*		Rotation lente**	
(t MS/ha/an)	Tempérées	Tropicales	Tempérées	Tropicales
10	35	30	30	30
15	50	45	50	45
20	70	60	65	60

** pâturage à 15—20 jours de repousse en saison des pluies, 18-30 jours en saison fraîche; ** pâturage à plus de 30 jours de repousse*

Ensilage et enrubanné

Rdt	Stade précoce*		Stade tardif**	
(t MS/ha/an)	Tempérées	Tropicales	Tempérées	Tropicales
10	30	25	30	25
15	45	40	45	40
20	60	55	55	50
25	80	70	70	65

** fauche à 30 – 45 jours de repousse; **fauche à plus de 50 jours de repousse*

Foin

Rdt	Stade précoce*		Stade tardif**	
(t MS/ha/an)	Tempérées	Tropicales	Tempérées	Tropicales
10	30	30	25	25
15	40	40	40	40
20	55	55	50	50
25	70	70	65	65
30	85	80	75	75

** fauche à 45—50 jours de repousse; **fauche à plus de 50 jours de repousse*

Département ES/ UMR SELMET / Direction régionale Réunion-Mayotte

Station de Ligne-Paradis - 7 chemin de l'IRAT - 97410 Saint-Pierre, La Réunion

Tél. : +262 2 62 49 27 00

www.cirad.fr