



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Tanindrazana - Fahafahana – Fandrosoana

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ELEVAGE ET DE LA PÊCHE

PROJET DE MISE EN VALEUR ET DE PROTECTION
DES BASSINS VERSANTS AU LAC ALAOTRA
(BV ALAOTRA)



Document de travail BV lac n° 81

Impacts économiques de la fertilisation pour les cultures de maïs et de riz au lac Alaotra : rentabilité et retour sur investissement n° 3

Détails des calculs par type d'itinéraires techniques

MYRIAM CLEYETT RENAUD, ERIC PENOT & RAPHAEL DOMAS
NOVEMBRE 2011

UMR **Innovation**
Montpellier
SupAgro - Inra - Cirad

TAFa

INP **ENSAT**
TOULOUSE

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

Impacts économiques de la fertilisation pour les cultures de maïs et de riz au lac Alaotra investissement n° 3

Détails des calculs par type d'itinéraires techniques

Les données utilisées ont été extraites de la base de données du RFR actuellement sous le logiciel Olympe.

I. Culture de maïs

L'étude a pour but de rendre compte de l'effet de l'utilisation d'engrais minéraux et de la topologie des sols sur les charges opérationnelles, le produit brut, la marge brute et la valorisation de la journée de travail.

Pour cela, nous travaillerons sur des données d'itinéraires techniques dits « standards » (ITKs) de la saison 2007-2008. Les données standards correspondent à des moyennes de données réelles récoltées sur le terrain ayant un itinéraire technique et des résultats similaires.

Pour la culture de maïs, 16 ITKs pour la zone du versant Sud-est et 24 ITKs pour la zone Nord-est ont été répertoriés.

Le tableau suivant résume la moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation pour chacun des résultats étudiés de la culture de maïs. Ces calculs sont réalisés sur les données des 24 ITKs de la zone Nord-est et sur les 16 ITKs de la zone du versant Sud-est, et également pour chaque type de sol de ces deux zones.

	nombre données	Charges opérationnelles (kAr/ha)			Produit brut (kAr/ha)			Marge brute (kAr/ha)			Valorisation de la journée de travail (kAr/ha)			Retour sur investissement			
		moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	
ZNE	24	222	70	32%	862	231	27%	641	229	36%	69	26	38%	3	1,7	53%	
VSE	16	191	116	61%	929	394	42%	738	410	55%	57	31	55%	5	4,3	79%	
VSE	BBH	14	196	122	62%	928	423	46%	733	440	60%	55	33	60%	5	4,6	84%
	BDP	2	158	61	39%	936	72	8%	777	10	1%	65	16	25%	5	2,0	38%
ZNE	BBH	3	216	34	16%	821	319	39%	605	321	53%	69	41	59%	3	1,5	53%
	BDP	4	223	73	33%	794	193	24%	571	198	35%	63	27	42%	3	1,7	57%
	TAN	16	222	77	35%	891	236	26%	669	231	35%	72	25	35%	3	1,8	53%

ZNE = Zone Nord-est, VSE = Versant Sud-est, BBH = Baiboho, BDP = Bas de pente

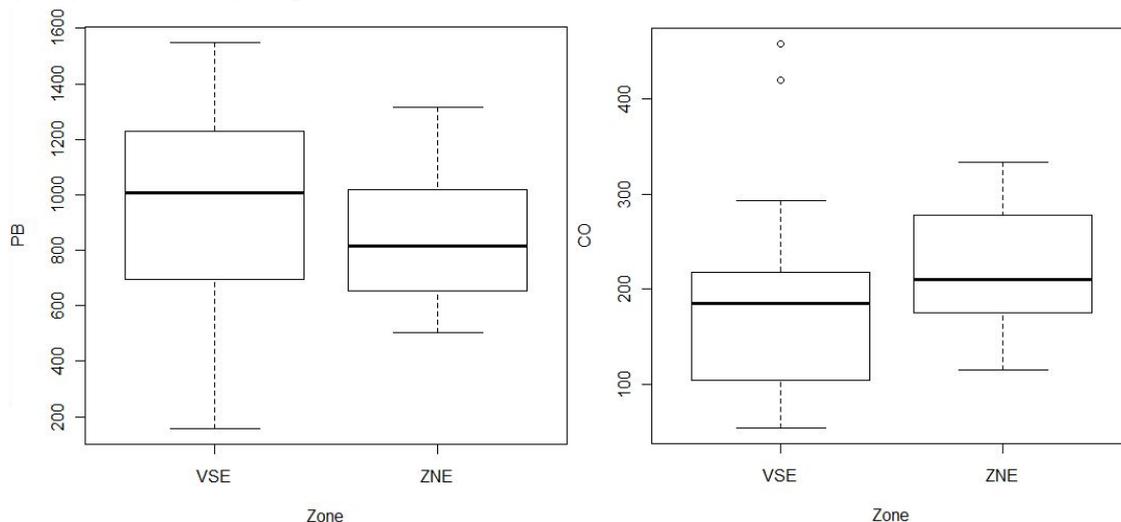
Légende :	 Coefficient de variation <30%
	 Coefficient de variation compris entre 30% et 50%
	 Coefficient de variation >50%

Un coefficient de variation inférieur à 30%, permet de dire que la moyenne est significative. Un coefficient de variation supérieur à 50% indique que les données sont très variables et que la moyenne n'est pas représentative.

Pour un coefficient de variation compris entre 30% et 50%, il faut considérer la moyenne avec beaucoup de précaution.

Nous pouvons constater que si l'on considère uniquement la zone VSE et la zone ZNE, la variation des résultats étudiés est très importante. Il faut donc rester critique face aux moyennes obtenues.

En séparant les zones par topologie des sols, on obtient des coefficients de variation acceptables pour les charges opérationnelles et le produit brut, excepté pour les baibohos de la zone VSE. Nous pouvons remarquer sur les diagrammes en boîte ci-dessous qu'en moyenne, le produit brut pour la zone VSE (929 kAr/ha) est supérieur à celui de la zone ZNE (862 kAr/ha). En revanche, les charges opérationnelles apparaissent supérieures pour la zone ZNE par rapport à la zone VSE. Pour la zone ZNE, elles restent en moyenne similaires quelque soit la topologie du sol (222 kAr/ha).



La marge brute, la valorisation de la journée de travail et le retour sur investissement restent néanmoins très variables, ce qui rend les moyennes difficilement exploitables.

Cette importante variabilité des résultats peut s'expliquer par :

- Des sols plus ou moins fertiles pour une même topologie
- Des itinéraires techniques différents
- Le faible nombre de données

Au vu de ces résultats, il apparaît important de différencier les deux zones.

Concernant la fertilisation, les paysans utilisent plusieurs types de fertilisation :

- Aucune
- Organique (fumier)
- Minérale (urée(46) et/ou NPK 22-11-16)
- Organique et minérale

Le tableau suivant résume les charges opérationnelles, le produit brut, la marge brute, la valorisation de la journée de travail et le retour sur investissement obtenus pour les différentes stratégies de fertilisation.

	Fertili- sation	nb donn ées	Charges opérationnelles (kAr/ha)			Produit brut (kAr/ha)			Marge brute (kAr/ha)			Valorisation de la journée de travail (kAr/ha)			Retour sur investissement			
			moy	écart type	Coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	
VSE	BBH	aucune	3	77	20,1	26%	894	637,9	71%	817	618,2	76%	58	40,9	71%	9	6,6	70%
		orga	2	112	25,1	22%	1093	92,2	8%	981	67,1	7%	78	11,6	15%	9	1,4	16%
		min	4	169	39,1	23%	1046	254,9	24%	876	270,9	31%	71	21,3	30%	6	3,0	54%
		org_min	5	321	112,7	35%	789	524,8	67%	468	486,5	104%	33	34,6	106%	2	1,6	105%
	BDP	orga	1	115			885			770			54			7		
		org_min	1	202			986			785			77			4		
ZNE	BDP	orga	1	117			749			632			82			5		
		org_min	4	250	50,0	20%	806	221,4	27%	556	225,3	41%	58	28,0	48%	2	1,2	50%
	BBH	org_min	3	216	33,5	16%	821	319,4	39%	605	320,5	53%	69	40,8	59%	3	1,5	53%
	TAN	orga	3	127	20,8	16%	916	100,6	11%	789	94,3	12%	88	15,9	18%	6	1,1	18%
		org_min	13	244	67,1	27%	886	259,8	29%	642	246,6	38%	68	25,6	38%	3	1,3	45%

ZNE = Zone Nord-est, VSE = Versant Sud-est, BBH = Baiboho, BDP = Bas de pente, TAN = Tanety
orga = organique, min = minérale, org_min = organique et minérale

Légende :		Coefficient de variation <30%
		Coefficient de variation compris entre 30% et 50%
		Coefficient de variation >50%

Mise à part pour la fertilisation organique et minérale sur tanety de la zone ZNE, le nombre de données est trop faible pour pouvoir analyser de façon satisfaisante les résultats.

Les seules conclusions que nous pouvons tirer de ce tableau sont :

- Les paysans fertilisent l'ensemble de leurs parcelles, excepté certaines sur baibohos. Ils n'utilisent pas des engrais minéraux systématiquement. De nombreuses parcelles reçoivent uniquement de l'engrais organique comme fertilisation.
- Les charges opérationnelles augmentent logiquement avec l'utilisation d'engrais
- Pour ce qui est des autres résultats, les coefficients de variation sont trop élevés et le nombre de données insuffisant pour permettre une analyse pertinente.

II. Culture de riz

Pour la culture de riz, 43 ITKs pour la zone du versant Sud-est et 46 ITKs pour la zone Nord-est ont été répertoriés.

Le tableau suivant résume la moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation pour chacun des résultats étudiés de la culture de riz. Ces calculs sont réalisés sur les données des 46 ITKs de la zone Nord-est et sur les 43 ITKs de la zone du versant Sud-est, et également pour chaque type de sol de ces deux zones.

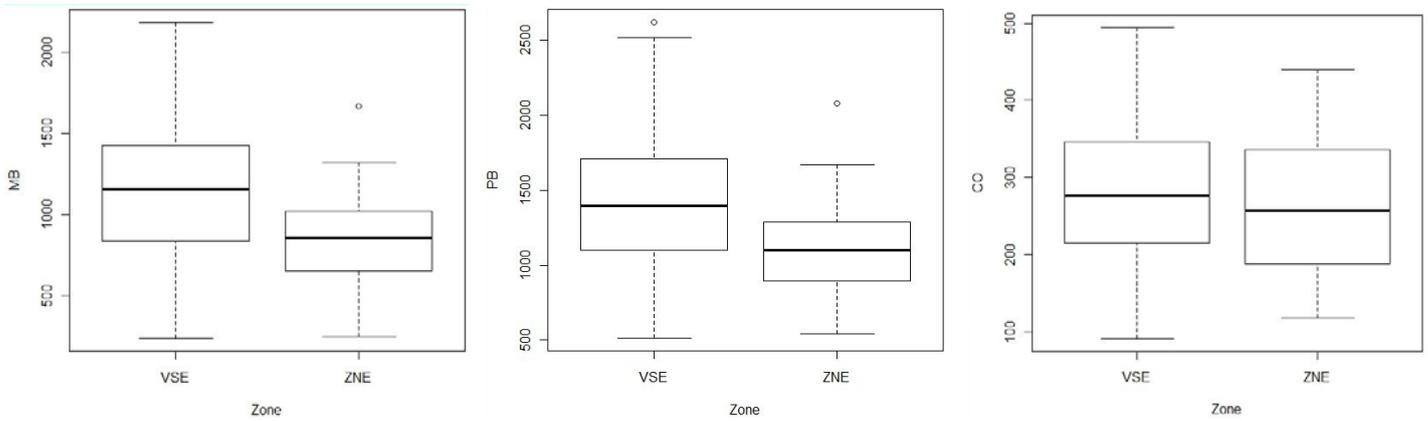
	nombre données	Charges opérationnelles (kAr/ha)			Produit brut (kAr/ha)			Marge brute (kAr/ha)			Valorisation de la journée de travail (kAr/ha)			Retour sur investissement			
		moy	écart type	Coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	moy	écart type	coeff var	
ZNE	46	264	94	36%	1104	300	27%	841	289	34%	60	21	35%	3,8	2,2	58%	
VSE	43	277	100	36%	1419	474	33%	1142	466	41%	73	31	43%	4,9	3,4	69%	
VSE	BBH	17	317	108	34%	1577	531	34%	1259	486	39%	78	30	38%	4,4	2,0	47%
	BDP	8	249	88	35%	1260	390	31%	1011	393	39%	62	23	37%	5,0	3,4	68%
	TAN	9	292	84	29%	1155	435	38%	863	450	52%	57	29	51%	3,3	2,0	61%
	RMME	9	212	76	36%	1527	353	23%	1315	401	30%	88	35	40%	7,6	5,1	67%
ZNE	BBH	8	293	103	35%	1320	386	29%	1026	351	34%	71	28	39%	4,0	2,4	60%
	BDP	10	276	117	42%	1107	171	15%	831	189	23%	59	14	24%	3,8	2,4	63%
	TAN	23	248	78	31%	1010	572	57%	817	290	36%	55	21	39%	3,6	2,1	59%
	RMME	5	264	117	44%	1189	315	26%	925	261	28%	66	17	25%	4,2	2,5	60%

ZNE = Zone Nord-est, VSE = Versant Sud-est, BBH = Baiboho, BDP = Bas de pente, RMME = Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, TAN = Tanety

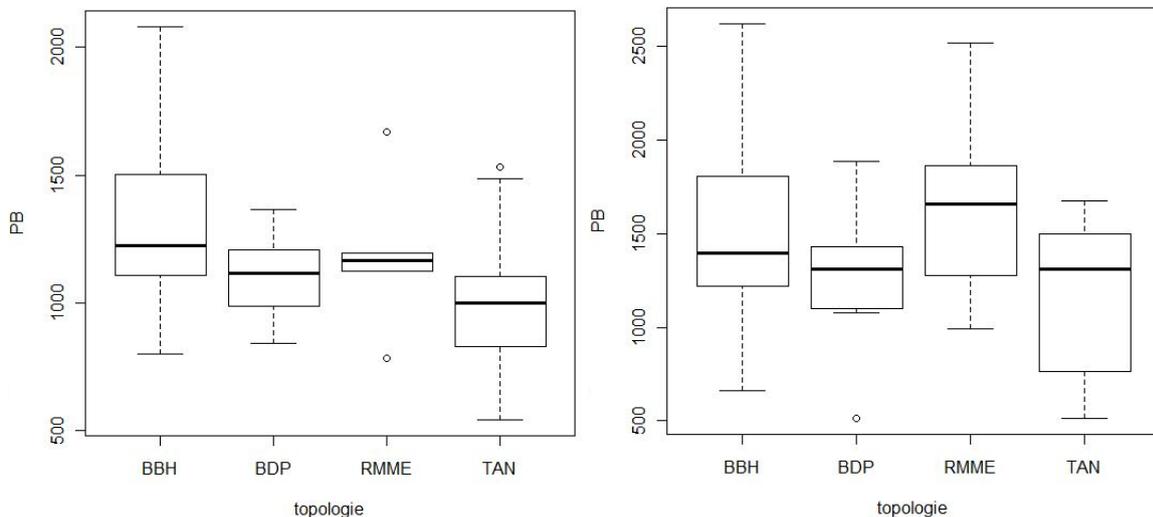
Légende :	
	Coefficient de variation <30%
	Coefficient de variation compris entre 30% et 50%
	Coefficient de variation >50%

Tout d'abord nous pouvons remarquer que la variabilité des résultats étudiés est importante. De nombreux coefficients de variation sont compris entre 30% et 50%, il faut donc considérer les moyennes avec précaution. Les moyennes obtenues pour le retour sur investissement ne sont pas exploitables car les coefficients de variations sont trop élevés.

Néanmoins, nous pouvons constater, sur les diagrammes en boîte ci-dessous, qu'en moyenne, le produit brut est plus élevé pour la zone VSE (1419 kAr/ha) que la zone ZNE (1104 kAr/ha). Il en est de même pour la marge brute et la valorisation de la journée de travail, mais les coefficients de variation sont plus élevés. Les charges opérationnelles semblent, quant à elles, être similaires quelque soit la zone et la topologie des sols.



De plus, il apparaît pour chacune des deux zones, que les cultures sur Tanety et Bas de pente génèrent un produit brut et une marge brute plus faible que les cultures sur Baibohos et Rizières à mauvais maîtrise de l'eau (cf figures ci-dessous). Enfin, au vu des coefficients de variation, il semble que le produit brut et la marge brute des cultures sur Tanety soient très variables, ce qui indique une grande variabilité du rendement de la culture de riz sur ce type de sol.



Riz ZNE, PB en fonction de la topologie

Riz VSE, PB en fonction de la topologie

D'après cette étude, il apparaît important de différencier à la fois les zones mais également les types de sols.

Concernant la fertilisation apportée aux cultures, les paysans apportent différents types d'engrais sur leurs sols : des engrais organiques (fumiers) et des engrais minéraux (urée et NPK). Les quantités apportées sont très variables, ainsi il semble intéressant de différencier plusieurs niveaux de fertilisation.

Pour simplifier la démarche, nous nous intéresserons uniquement à la quantité d'azote apportée. L'urée contient 46% d'azote, le NPK apporté est de type 22-11-16, il contient donc 22% d'azote et on considère que le fumier apporté est un fumier de bœuf contenant 3% d'azote. Connaissant la quantité de NPK, d'urée et de fumier apportée sur chaque parcelle, nous pouvons en déduire la quantité d'azote apporté sur celles-ci. Cinq classes de fertilisation peuvent alors être distinguées :

- Pas d'apport d'azote
- Faible apport d'azote : $x < 60\text{kg}$

- Apport d'azote intermédiaire : 60kg<x>170kg
- Apport élevé d'azote : 170kg<x>230kg
- Apport très élevé d'azote : 230kg<x

Dans la majorité des cas, un faible apport en azote correspond à une utilisation d'engrais uniquement minéraux. Pour les 3 niveaux suivants (intermédiaire, élevée, très élevée), la quantité d'azote apportée par le fumier est similaire et l'évolution des niveaux de fertilisation correspond surtout à une augmentation de la quantité d'azote apportée par l'urée et le NPK. Une fertilisation uniquement organique (fumier) s'inscrit généralement dans le niveau de fertilisation intermédiaire.

Les tableaux ci-dessous résument les charges opérationnelles, le produit brut, la marge brute, la valorisation de la journée de travail et le retour sur investissement pour la culture de maïs, en fonction du niveau de fertilisation. Les zones et les différentes topologies sont distinguées.

Culture de riz zone ZNE :

	Fertilisation	Nb données	charges opérationnelles			produit brut			marge brute			VJT			Retour sur investissement		
			moy	écart -type	coeff var	moy	écart -type	coeff var	moy	écart -type	coeff var	moy	écart -type	coeff var	moy	écart -type	coeff var
TAN	inter	7	151	41	27%	909	181,5	20%	757,6	207,2	27%	6,9	2,4	35%	5,5	4,6	84%
	élevée	8	275	37	13%	1015	381,0	38%	739,9	393,5	53%	6,7	3,3	49%	2,8	1,5	55%
	Très élevée	8	305	48	16%	1093	241,4	22%	788,7	267,5	34%	6,9	2,5	36%	2,7	1,2	45%
BBH	inter	1	124			1287			1162			11,5			9,4		
	élevée	3	244	16	7%	1142	388,6	34%	898,9	393,0	44%	8,2	4,0	49%	3,7	1,6	44%
	Très élevée	4	372	66	18%	1460	434,2	30%	1087	396,9	36%	8,7	3,9	45%	2,9	0,9	29%
BDP	inter	2	129	3	3%	1086	137,9	13%	956,9	141,3	15%	8,5	1,0	11%	7,4	1,3	17%
	élevée	6	283	94	33%	1121	158,4	14%	838,8	117,7	14%	7,5	1,6	21%	3,3	1,6	49%
	Très élevée	2	402	55	14%	1083	341,8	32%	681,6	396,3	58%	5,7	2,6	45%	1,8	1,2	69%
RM ME	inter	1	127			1165			1038			10,9			8,2		
	élevée	2	216	40	19%	956	241,3	25%	740,4	281,5	38%	6,7	1,4	22%	3,6	2,0	55%
	Très élevée	2	380	51	14%	1431	333,7	23%	1051	282,2	27%	8,6	1,8	21%	2,7	0,4	14%

ZNE = Zone Nord-est, BBH = Baiboho, BDP = Bas de pente, RMME = Rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, TAN = Tanety, inter = Intermédiaire

Légende :	
	Coefficient de variation <30%
	Coefficient de variation compris entre 30% et 50%
	Coefficient de variation >50%

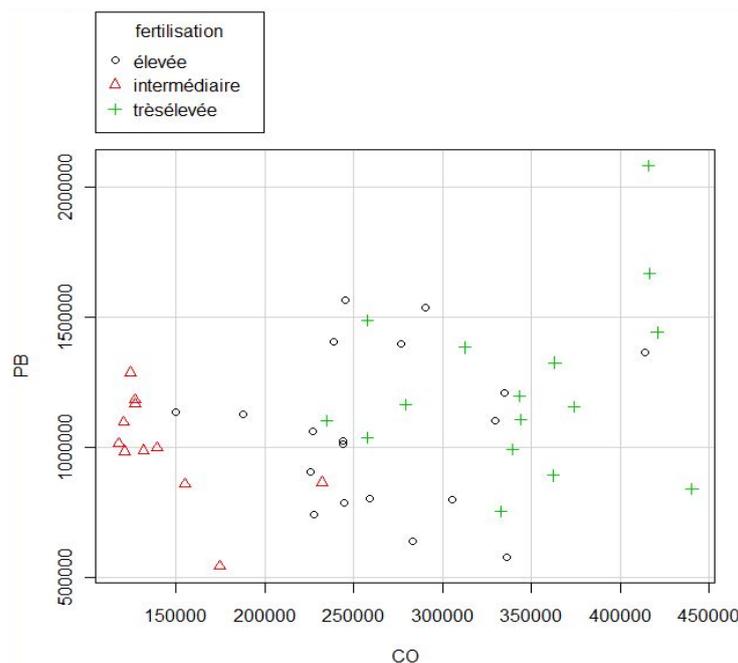
Du fait du faible nombre de données standards, ces résultats sont à traités avec beaucoup de précaution.

Les seules conclusions que nous pouvons tirer de ce tableau sont :

- Dans la zone ZNE, quelque soit la topologie, de l'engrais est apporté aux cultures de riz. La plupart du temps la fertilisation est faite à base de fumier et d'engrais minéraux.
- Les charges opérationnelles augmentent logiquement avec le niveau de fertilisation
- Le produit brut, la marge brute et la VJT n'augmentent pas nécessairement avec le niveau de fertilisation
- Le retour sur investissement semble meilleur pour les cultures recevant uniquement du fumier. Cela s'explique par le fait que l'utilisation d'engrais minéraux entraîne des charges opérationnelles plus élevées mais pas nécessairement une élévation de la marge brute.

On observe sur le graphe suivant que le produit brut n'a pas tendance à augmenté avec les charges opérationnelles.

La modélisation de nos échantillons par une régression linéaire du produit brut en fonction des charges opérationnelles entraîne un coefficient de régression linéaire $r^2=0,07$. Cela n'est évidemment pas satisfaisant. L'augmentation des charges opérationnelles n'entraîne pas une augmentation du produit brut. Les résultats sont similaires pour la marge brute et la valorisation de la journée de travail.



Ces résultats confirment la conclusion précédente, le produit brut, la marge brute et la valorisation de la journée de travail n'évoluent pas avec l'augmentation du niveau de fertilisation.

Ceci est du au fait que la fertilité des sols est très différente d'une parcelle à une autre. Les paysans ont pour stratégie de mettre des engrais minéraux sur les sols peu fertiles, et obtiennent ainsi des rendements similaires à ceux réalisés sur sols fertiles.

Les différents types de sols n'étant pas référencés, il n'est pas possible d'observer l'effet précis de la fertilisation.

Culture de riz zone VSE :

	Ferti- sation	nb donné es	charges opérationnelles			produit brut			marge brute			VJT			Retour sur investissement		
			moy	écart- type	coeff var	moy	écart- type	coeff var	moy	écart- type	coeff var	moy	écart- type	coeff var	moy	écart- type	coeff var
TAN	élevée	1	279			1613			1334	0	0	11	0	0	5	0	
	très élevée	8	294	90	30%	1098	427	39%	804	442	55%	7	3	53%	3	2	66%
BBH	faible	2	242	153	63%	1016	167	16%	774	320	41%	6	4	64%	5	4	92%
	inter	5	234	55	23%	1375	486	35%	1141	477	42%	9	4	43%	5	3	49%
	élevée	5	343	78	23%	1529	321	21%	1186	293	25%	9	2	21%	4	1	32%
	très élevée	5	406	95	23%	2051	538	26%	1645	526	32%	12	4	33%	4	2	44%
BDP	aucune	1	91			1078			987			63			11		
	inter	2	204	93	45%	1640	344	21%	1436	252	18%	10	3	26%	8	2	29%
	élevée	3	287	42	15%	1047	462	44%	760	460	61%	6	4	63%	3	2	64%
	très élevée	2	315	19	6%	1289	242	19%	974	224	23%	7	0	1%	3	1	17%
RMM E	faible	2	144	29	20%	1750	163	9%	1606	134	8%	16	4	27%	11	1	12%
	inter	5	225	90	40%	1514	377	25%	1289	435	34%	10	4	38%	7	6	83%
	élevée	1	251			997			746			6			3		
	très élevée	1	246			1675			1429			10			6		

ZNE = Zone Nord-est, BBH = Baiboho, BDP = Bas de pente, RMME = Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau,
TAN = Tanety, inter = Intermédiaire

Légende :	
	Coefficient de variation <30%
	Coefficient de variation compris entre 30% et 50%
	Coefficient de variation >50%

De même que pour la zone ZNE, du fait du très faible nombre de données, ces résultats sont à traités avec beaucoup de précaution.

- Les charges opérationnelles augmentent de façon logique avec l'augmentation du niveau de fertilisation.
- Sur tanety, les cultures de maïs reçoivent des engrais organiques et minéraux
- Sur baibohos et rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, certaines parcelles reçoivent uniquement de l'engrais organique, tandis que d'autres reçoivent des engrais organiques et minéraux
- Sur les bas de pente, il existe tous les niveaux de fertilisation : aucun, intermédiaire, faible, élevé et très élevé.

- Sur baibohos, on constate que l'augmentation de la fertilisation entraîne un produit brut plus élevé. De même, la marge brute et la valorisation de la journée de travail augmentent avec la fertilisation.

En traçant le graphe du produit brut en fonction des charges opérationnelles, on obtient les mêmes conclusions que celles obtenues pour la culture de riz de la zone ZNE.

En conclusion :

Le produit brut, donc le rendement, semble meilleur en moyenne pour la zone VSE que la zone ZNE, pour les cultures de maïs et de riz

	VSE	ZNE
Moyenne du produit brut pour la culture de maïs	924 kAr/ha	862 kAr/ha
Moyenne du produit brut pour la culture de riz	1419 kAr/ha	1104 kAr/ha

De plus, on a constaté que le produit brut des tanety était très variable.

Les charges opérationnelles sont similaires quelque soit la zone pour la culture de riz (270 kAr/ha en moyenne), tandis que pour la culture de maïs elles sont supérieures pour la zone ZNE (222kAr/ha en moyenne) par rapport à la zone VSE (191 kAr/ha en moyenne).

On a constaté que les charges opérationnelles augmentaient logiquement avec l'utilisation d'engrais minéraux et que le retour sur investissement était généralement meilleur pour les cultures ne recevant pas de fertilisation minérale.

Pour la culture de riz, on a observé qu'en moyenne, les tanety et les bas de pente générés un produit brut et une marge brute inférieurs à ceux obtenus sur baibohos et rizières à mauvaise maîtrise de l'eau.

Résultats pour les prix seuils d'utilisation des engrais minéraux à partir des données des parcelles de l'opérateur TAFE

1. Culture de maïs sur tanety

Les détails de calculs seront donnés pour le premier cas. Dans les cas suivants, nous noterons uniquement les tableaux résumant l'information. Le prix de vente de la récolte est considéré constant et égal à 350Ar/kg de maïs.

a. Système de culture maïs+dolique sur tanety sols riches, précédent riz, en semis direct

L'itinéraire technique suivi dans les deux parcelles expérimentales est présenté dans le tableau ci-dessous. Il est le même pour les deux parcelles mise à part pour l'engrais : dans une parcelle il y a seulement du fumier et dans la seconde les engrais minéraux NPK et Urée sont ajoutés (cases en gris clair).

Itinéraire technique									
Semences		Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides		
culture (kg/ha)	plante de couverture (kg/ha)	fumier (t/ha)	NPK (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Cyperméthrine (L/ha)	Gaoucho (g/ha)	Thiram (g/ha)
25	25	5	150	100	1,5	1,5	0,25	62,5	125

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

L'équation de la modélisation est $\text{Gain} = (\text{qté NPK} + (k \cdot (\text{qté urée})) \cdot x$, avec x le prix d'un kilo de NPK et k le rapport moyen *prix Urée/prix NPK* sur les années 2008 à 2011.

	2008	2009	2010	2011
Prix NPK (Ar)	1500	2000	2600	1650
Prix Urée (Ar)	1300	1400	1800	1350
Rapport	0,86	0,70	0,69	0,81

Moyenne du rapport <i>prix Urée/prix NPK</i>
$k = 0,765$

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 015 000	239 350
Essai cultural avec engrais minéraux	1 275 000	679 350

Il est important de noter qu'ici le produit brut correspond à la somme du produit brut de la culture de maïs et du produit brut de la culture de dolique.

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$260\,000 = (150 + 0,765 \cdot 100) \cdot x \Leftrightarrow 260\,000 = 226,5 \cdot x$$

Donc

- si $x = 260\,000/226,5 = 1147,9$ Ar alors le gain est nul ($y = 878,1$ Ar)
- si $x < 1147,9$ Ar, le gain est positif ($y < 878,1$ Ar)
- si $x > 1147,9$ Ar, le gain est négatif ($y > 878,1$ Ar)

Calcul du retour sur investissement en fonction du prix des engrais minéraux :

Le calcul du retour sur investissement (RI) permet de mesurer le risque pris par l'agriculteur d'utiliser des engrais minéraux sur sa culture. Il correspond au rapport de la marge brute sur les charges opérationnelles.

- Si $RI < 1,5$, le retour sur investissement est faible donc le risque est important. Il n'est pas conseillé d'utiliser des engrais minéraux.

$$RI < 1,5 \Leftrightarrow x > (1\,275\,000 - 2,5 \cdot 239\,350) / (2,5 \cdot (\text{qté NPK} + k \cdot (\text{qté urée})))$$

$$\Leftrightarrow \text{prix NPK} > 1195 \text{ Ar} \quad (\text{prix urée} > 914 \text{ Ar})$$

- Si $1,5 < RI < 2$, le retour sur investissement est correct donc le risque est modéré. Le choix de l'utilisation d'engrais minéraux dépend de la stratégie suivie par l'agriculteur.

$$1,5 < RI < 2 \Leftrightarrow (1\,275\,000 - 3 \cdot 239\,350) / (3 \cdot (\text{qté NPK} + k \cdot (\text{qté urée}))) < x < (1\,275\,000 - 2,5 \cdot 239\,350) / (2,5 \cdot (\text{qté NPK} + k \cdot (\text{qté urée})))$$

$$\Leftrightarrow 820 \text{ Ar} < \text{prix NPK} < 1195 \text{ Ar} \quad (627 \text{ Ar} < \text{prix urée} < 914 \text{ Ar})$$

- Si $RI > 2$, le retour sur investissement est élevé donc le risque est faible. Il est intéressant d'utiliser des engrais minéraux.

$$RI > 2 \Leftrightarrow x < (1\,275\,000 - 2,5 \cdot 239\,750) / (2,5 \cdot (\text{qté NPK} + k \cdot (\text{qté urée})))$$

$$\Leftrightarrow \text{Prix NPK} < 820 \text{ Ar} \quad (\text{prix urée} < 627 \text{ Ar})$$

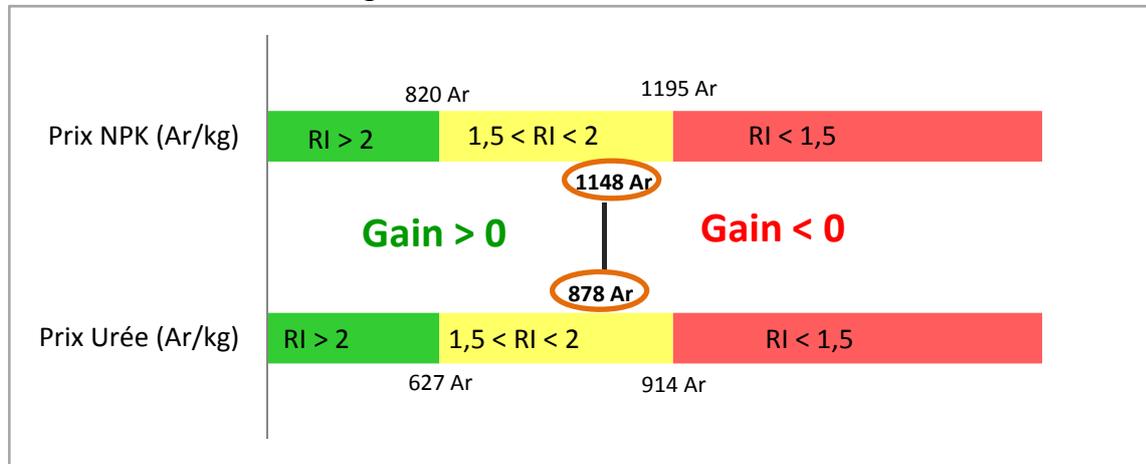
Conclusion

Seuils de rentabilité		
	NPK	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1148	< 878

Seuils du retour sur investissement		
	NPK (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1195	< 914
RI > 2	< 820	< 627

Le seuil de rentabilité de la fertilisation minérale correspond pour cet itinéraire technique à un prix du NPK de 1148 Ar/kg et à prix de l'urée de 878 Ar/kg. Si les prix sont au-dessus de ces seuils, utiliser des intrants selon cet itinéraire technique entraînera une perte d'argent pour les paysans.

Le retour sur investissement commence à être intéressant pour un prix du NPK inférieur à 1195 Ar et un prix de l'urée inférieur à 914 Ar. Ces prix sont supérieurs aux seuils de rentabilité, donc si les prix des engrais sont au-dessous des seuils de rentabilité, les paysans ont intérêt à utiliser des engrais minéraux.



b. Système de culture à base de maïs + *Vigna umbellata* sur tanety sols riches, précédent riz, en semis direct

Itinéraire technique									
Semences		Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides		
culture (kg/ha)	plante de couverture (kg/ha)	fumier (t/ha)	NPK (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Cyperméthrine (L/ha)	Gaoucho (g/ha)	Thiram (g/ha)
25	25	5	150	100	1,5	1,5	0,25	62,5	125

• Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 231 250	232 600
Essai cultural avec engrais minéraux	1 675 000	679 350

Dans ce cas également, le produit brut est la somme du produit brut de la culture de maïs et du produit brut de la culture de vigna.

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$443\,750 = 226,5 \cdot x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

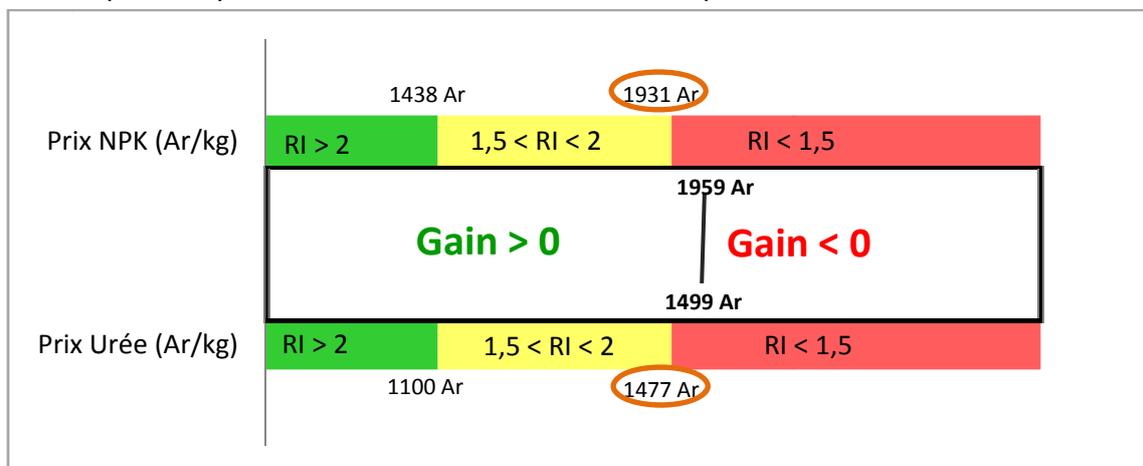
	NPK	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1959	< 1499

Seuils du retour sur investissement

	NPK (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1931	< 1477
RI > 2	< 1438	< 1100

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du NPK inférieur à 1931 Ar et un prix de l'urée inférieur à 1477 Ar.



c. Système de culture à base de maïs + *Cajanus Cajan* sur tanety sols riches, précédent maïs+dolique, en semis direct

Itinéraire technique									
Semences		Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides		
culture (kg/ha)	plante de couverture (kg/ha)	fumier (t/ha)	NPK (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Cyperméthrine (L/ha)	Gaoucho (g/ha)	Thiram (g/ha)
25	7	5	150	100	1,5	1,5	0,25	62,5	125

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	980 000	214 600
Essai cultural avec engrais minéraux	1 225 000	661 350

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$245\ 000 = 226,5 \cdot x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

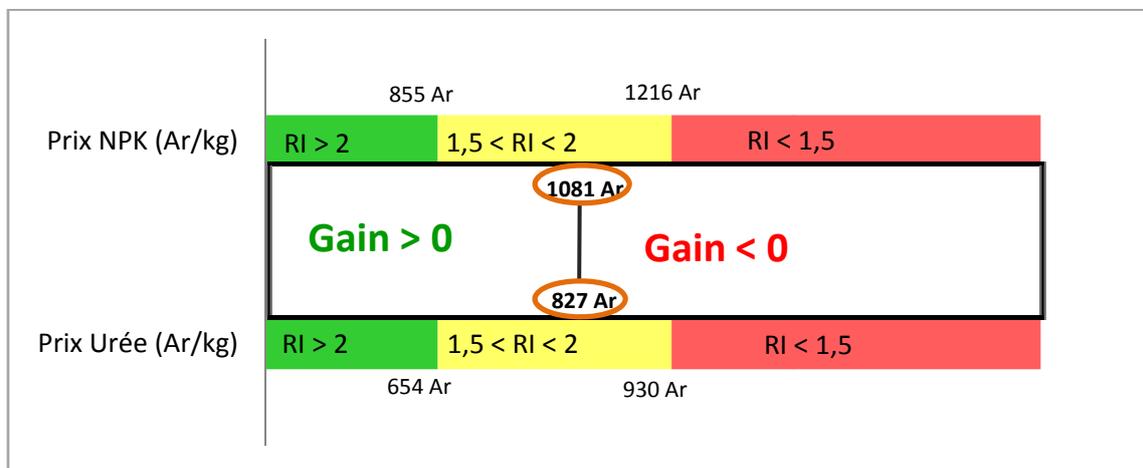
	NPK	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1082	< 827

Seuils du retour sur investissement

	NPK (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1216	< 930
RI > 2	< 855	< 654

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du NPK inférieur à 1081 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 827 Ar/kg.



d. Système de culture à base de maïs + *Crotalaria juncea* sur tanety sols riches, précédent maïs+dolique, en semis direct

Itinéraire technique									
Semences		Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides		
culture (kg/ha)	plante de couverture (kg/ha)	fumier (t/ha)	NPK (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Cyperméthrine (L/ha)	Gaucho (g/ha)	Thiram (g/ha)
25	15	5	150	100	1,5	1,5	0,25	62,5	125

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	Produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 085 000	229 350
Essai cultural avec engrais minéraux	1 470 000	669 350

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$385\ 000 = 226,5 \cdot x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

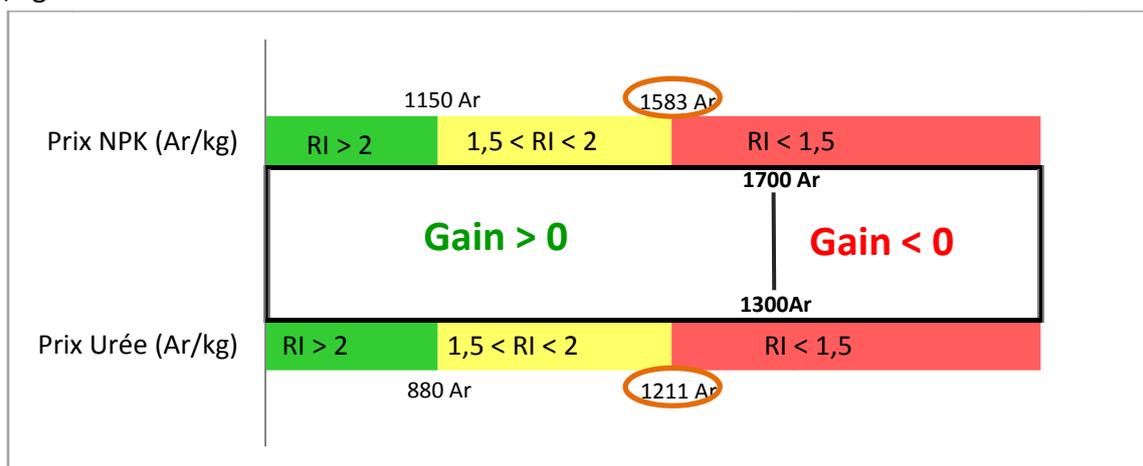
	NPK	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1700	< 1300

Seuils du retour sur investissement

	NPK (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1583	< 1211
RI > 2	< 1151	< 880

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du NPK inférieur à 1583 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 1211 Ar/kg.



e. Système de culture à base de maïs + *Desmodium* sur tanety sols riches, précédent *Desmodium*, en semis direct

Itinéraire technique						
Semences	Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	NPK (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)
25	5	150	100	1,5	1,5	62,5

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	980 000	206 350
Essai cultural avec engrais minéraux	1 120 000	646 350

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$140\ 000 = 226,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

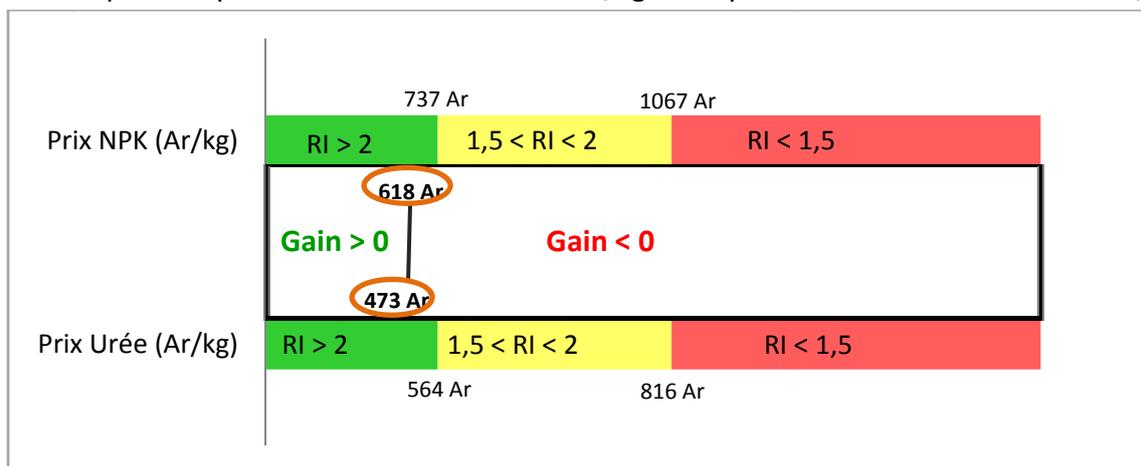
	NPK	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 618	< 473

Seuils du retour sur investissement

	NPK (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1067	< 816
RI > 2	< 737	< 564

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du NPK inférieur à 618 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 473 Ar/kg.



2. Culture de maïs sur baibohos

a. Système de culture à base de maïs + Vigna umbellata, précédent niébé, sur baibohos, en semis direct

Itinéraire technique							
Semences	Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides	
culture (kg/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)	Thiram (g/ha)
25	130	80	100	1,5	1,5	62,5	125

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 280 000	117 600
Essai cultural avec engrais minéraux	1 587 000	856 600

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

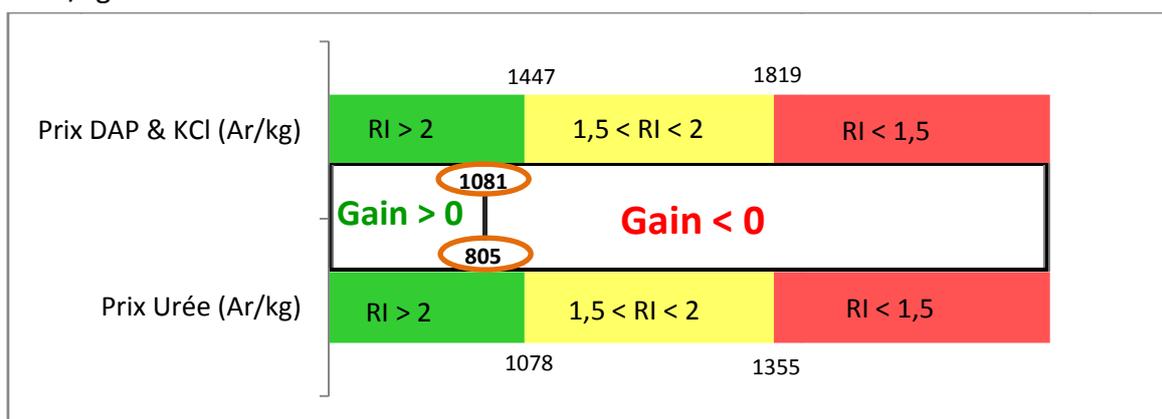
$$307\,500 = 284,5 \cdot x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1081	< 1081	< 805

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1819	< 1819	< 1355
RI > 2	< 1447	< 1447	< 1078

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1081 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 805 Ar/kg.



b. Système de culture à base de maïs+Vigna umbellata sur baibohos, précédent avoine, en semis direct

Itinéraire technique						
Semences	Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides
culture (kg/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)
25	130	80	100	1,5	1,5	150

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	875 000	90 550
Essai cultural avec engrais minéraux	1 305 500	705 350

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

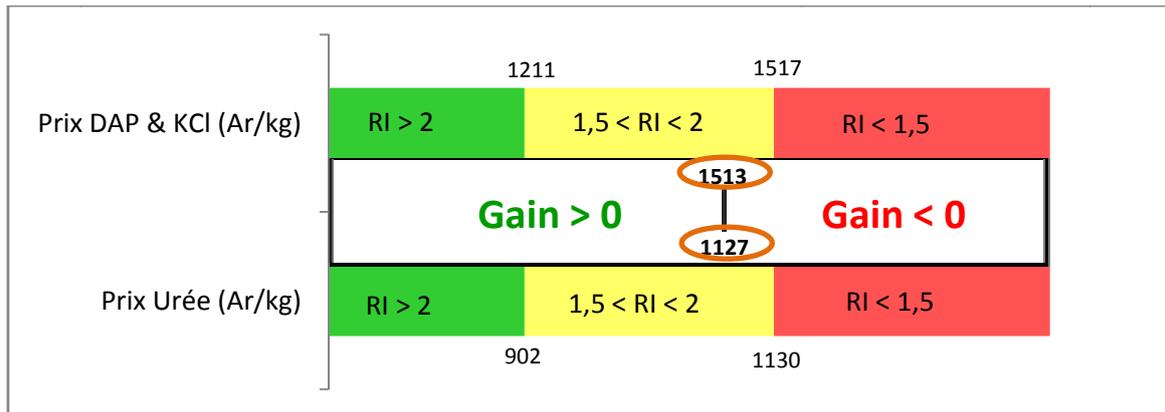
$$430\,500 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1513	< 1513	< 1127

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1517	< 1517	< 1130
RI > 2	< 1211	< 1211	< 902

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1513 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 1127 Ar/kg.



3. Culture de riz sur tanety

Le prix de vente de la récolte est considéré constant et égal à 480 Ar/kg de riz.

- a. **Système de culture à base de riz sur tanety sols riches, précédent stylosanthès, en semis direct**

L'itinéraire technique suivi dans les deux parcelles expérimentales est présenté dans le tableau ci-dessous. Il est le même pour les deux parcelles mise à part pour l'engrais : dans une parcelle il y a seulement du fumier et dans la seconde les engrais minéraux DAP, KCl et Urée sont ajoutés (cases en gris clair).

Itinéraire technique								
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides	
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaoucho (g/ha)	Carbofuran (kg/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150	2,5

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

L'équation de la modélisation est $\text{Gain} = (\text{qté DAP} + \text{qté KCl} + (k2 * (\text{qté urée}))) * x$, avec x le prix d'un kilo de DAP et k le rapport moyen prix Urée/prix DAP sur les années 2008 à 2011. On considèrera que le prix du KCl est égal à celui di DAP.

	2008	2009	2010	2011
Prix DAP (Ar)	1300	2800	2800	1600
Prix Urée (Ar)	1300	1400	1800	1350
Rapport	1	0,50	0,64	0,84

Moyenne du rapport prix Urée/prix NPK
$k_2 = 0,745$

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 680 000	382 650
Essai cultural avec engrais minéraux	2 160 000	947 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$480\,000 = (130 + 80 + 0,745 \cdot 100) \cdot x \Leftrightarrow 480\,000 = 284,5 \cdot x$$

Donc

- si $x = 480\,000/284,5 = 1687$ Ar alors le gain est nul
- si $x < 1687$ Ar, le gain est positif
- si $x > 1687$ Ar, le gain est négatif

Conclusion seuils de rentabilité :

	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
Prix seuils	< 1687	< 1687	< 1257

Calcul du retour sur investissement en fonction du prix des engrais minéraux :

Par analogie aux calculs précédents, on a :

$$RI = (PB / (A + (qté DAP + qté KCl + k_2 \cdot (qté urée)) \cdot x)) - 1$$

- $RI < 1,5 \Leftrightarrow x > (PB - 2,5 \cdot A) / (2,5 \cdot (qté DAP + qté KCl + k_2 \cdot (qté urée)))$
 $\Leftrightarrow x > (2\,160\,000 - 2,5 \cdot 328\,650) / (2,5 \cdot (130 + 80 + 0,745 \cdot 100))$
 $\Leftrightarrow x > 1882$ Ar/ha
- $1,5 < RI < 2 \Leftrightarrow (PB - 3 \cdot A) / (3 \cdot (qté DAP + qté KCl + k_2 \cdot (qté urée))) < x < (PB - 2,5 \cdot A) / (2,5 \cdot (qté DAP + qté KCl + k_2 \cdot (qté urée)))$
 $\Leftrightarrow 1376$ Ar/ha $< x < 1882$ Ar/ha
- $RI > 2 \Leftrightarrow x < (PB - 3 \cdot A) / (3 \cdot (qté DAP + qté KCl + k_2 \cdot (qté urée)))$
 $\Leftrightarrow x < 1376$ Ar/ha

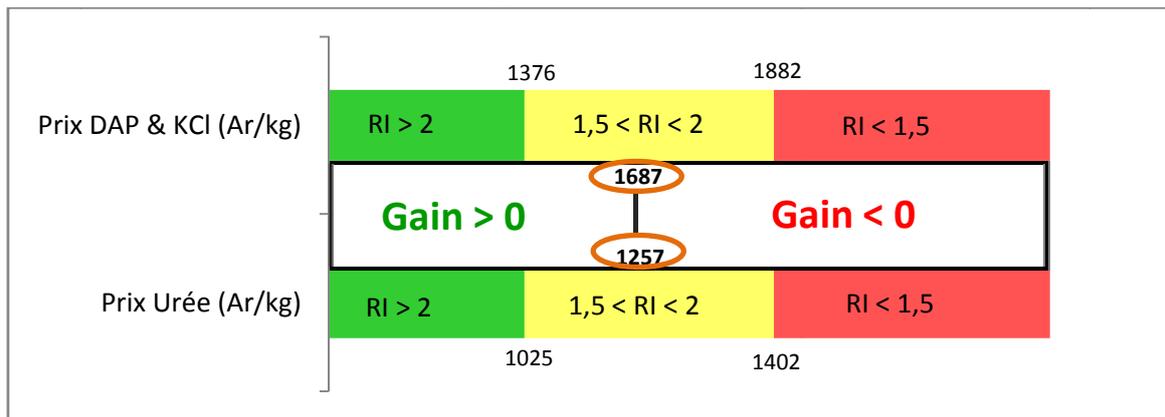
Conclusion seuils du retour sur investissement :

	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1882	< 1882	< 1402
RI > 2	< 1376	< 1376	< 1025

Conclusion

Le seuil de rentabilité de la fertilisation minérale correspond pour cet itinéraire technique à un prix du DAP et du KCl de 1687 Ar/kg et à un prix de l'urée de 1257 Ar/kg. Si les prix sont au-dessus de ces seuils, utiliser des intrants selon cet itinéraire technique entraînera une perte d'argent pour les paysans.

Le retour sur investissement commence à être intéressant pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1882 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 1402 Ar/kg. Ces prix sont supérieurs aux seuils de rentabilité, donc si les prix des engrais sont au-dessous des seuils de rentabilité, les paysans ont intérêt à utiliser des engrais minéraux.



b. Système de culture à base de riz sur tanety sols riches, précédant soja+bracharia, en semis direct

Itinéraire technique								
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides	
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)	Carbofuran (kg/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150	2,5

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 104 000	328 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 200 000	947 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$96\ 000 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

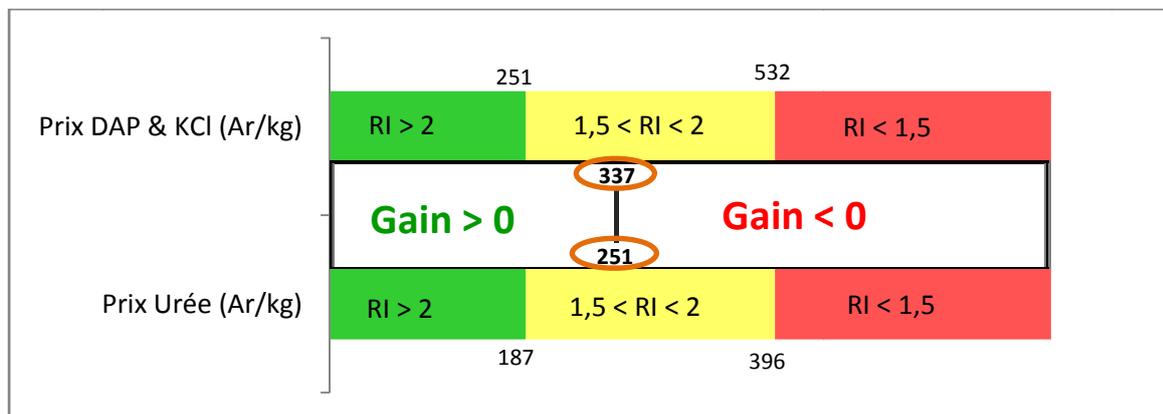
Seuils du retour sur investissement

	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 337	< 337	< 251

	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 532	< 532	< 396
RI > 2	< 251	< 251	< 187

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du NPK inférieur à 337 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 251 Ar/kg.



c. Système de culture à base de riz sur tanety sols riches, précédent sorgho + éleusine + C. juncea + Cajanus, en semis direct

Itinéraire technique								
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides	
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)	Carbofuran (kg/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150	2,5

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 296 000	328 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 728 000	947 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$432\ 000 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

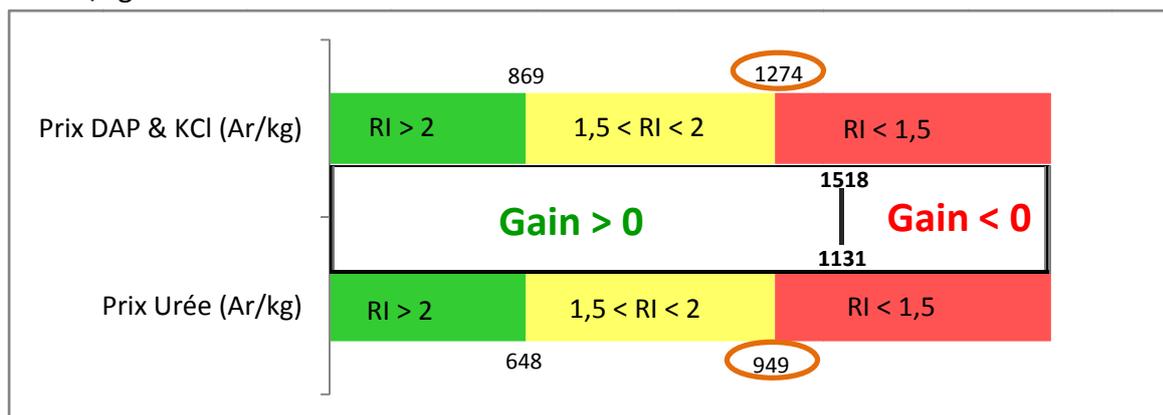
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1518	< 1518	< 1131

Seuils du retour sur investissement

	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1274	< 1274	< 949
RI > 2	< 869	< 869	< 648

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1274 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 949 Ar/kg.



d. Système de culture à base de riz sur tanety, précédent sorgho, en semis direct

Itinéraire technique								
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides	
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaoucho (g/ha)	Carbofuran (kg/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150	2,5

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 200 000	328 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 680 000	947 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$480\ 000 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité

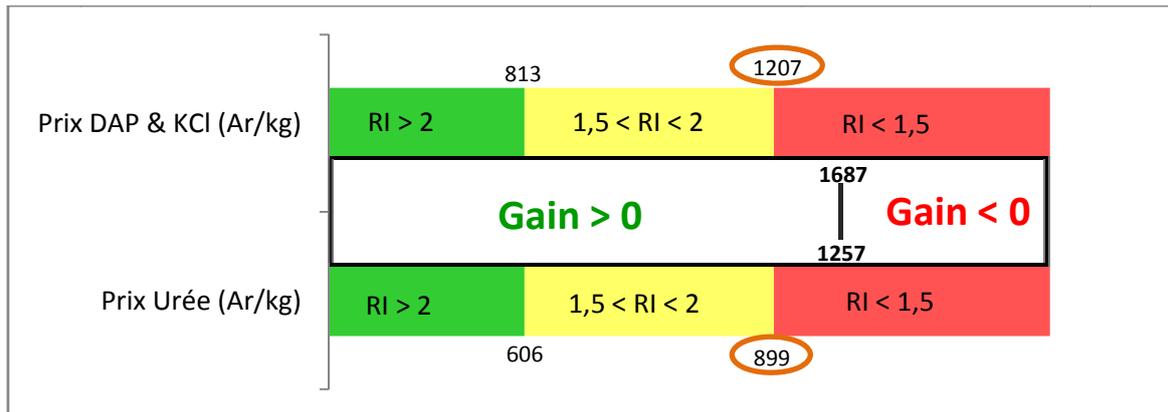
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1687	< 1687	< 1257

Seuils du retour sur investissement

	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1207	< 1207	< 899
RI > 2	< 813	< 813	< 606

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1207 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 899 Ar/kg.



e. Système de culture à base de riz sur tanety, précédent sorgho + éleusine + C. juncea + Cajanus, sur labour

Itinéraire technique								
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides	
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaoucho (g/ha)	Carbofuran (kg/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150	2,5

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 008 000	328 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 488 000	947 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

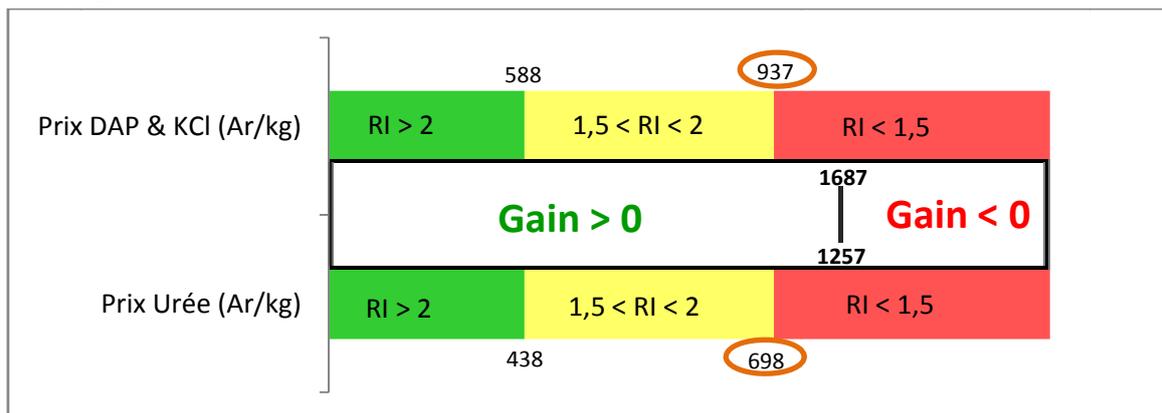
$$480\,000 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1687	< 1687	< 1257

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 937	< 937	< 698
RI > 2	< 588	< 588	< 438

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 937 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 698 Ar/kg.



4. Culture de riz sur baiboho

a. Système de culture à base de riz sur baibohos, précédent dolique en labour

Itinéraire technique							
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 296 000	178 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 968 000	797 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

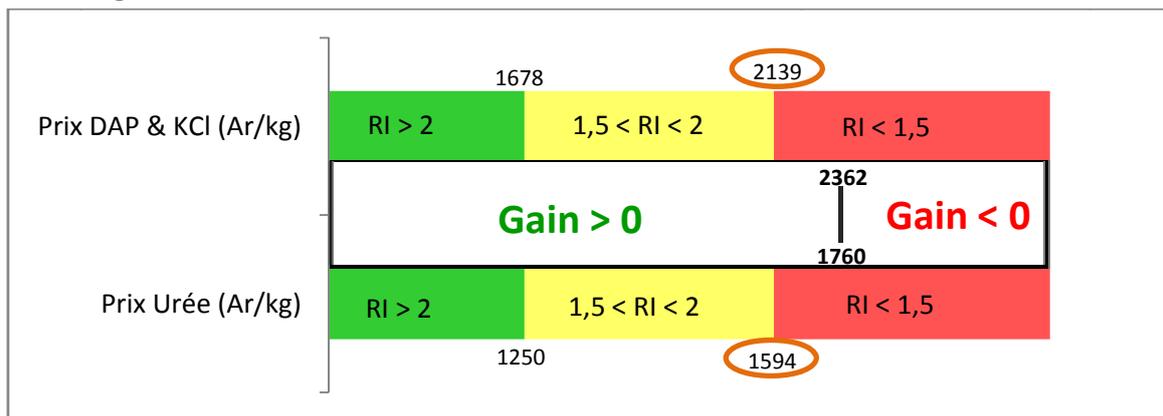
$$1\ 577\ 000 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 2362	< 2362	< 1760

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 2139	< 2139	< 1594
RI > 2	< 1678	< 1678	< 1250

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 2139 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 1594 Ar/kg.



b. Système de culture à base de riz sur baibohos, précédent dolique sur semis direct

Itinéraire technique							
Semences	Engrais				Herbicides		Insecticides et fongicides
culture (kg/ha)	fumier (t/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)
60	5	130	80	100	3	1,5	150

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	2 064 000	178 650
Essai cultural avec engrais minéraux	2 592 000	797 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

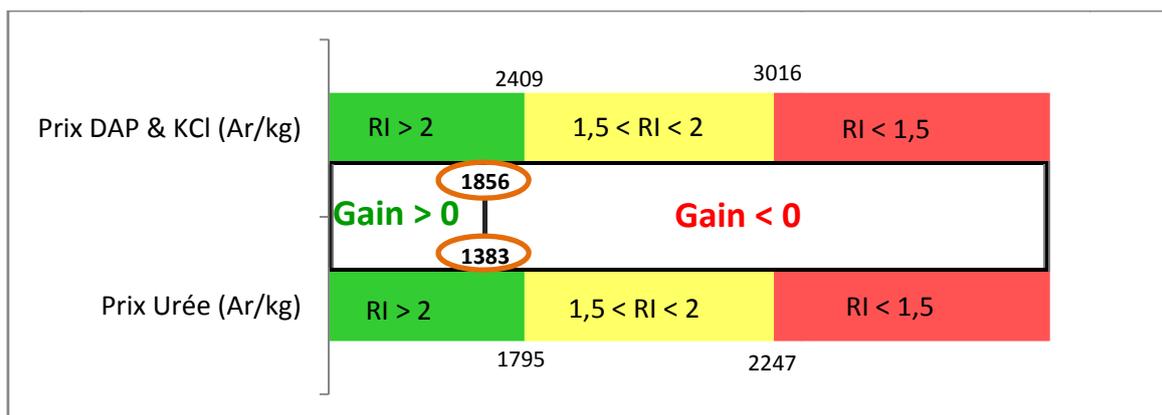
$528\ 000 = 284,5 * x$, avec x le prix du NPK.

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1856	< 1856	< 1383

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 3016	< 3016	< 2247
RI > 2	< 2409	< 2409	< 1795

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1856 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 1383 Ar/kg.



5. Culture de riz sur rizière

a. Système de culture à base de riz sur sol exondé, précédent dolique sur semis direct

Itinéraire technique						
Semences	Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides
culture (kg/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)
60	130	80	100	3	1,5	150

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	1 248 000	178 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 728 000	797 650

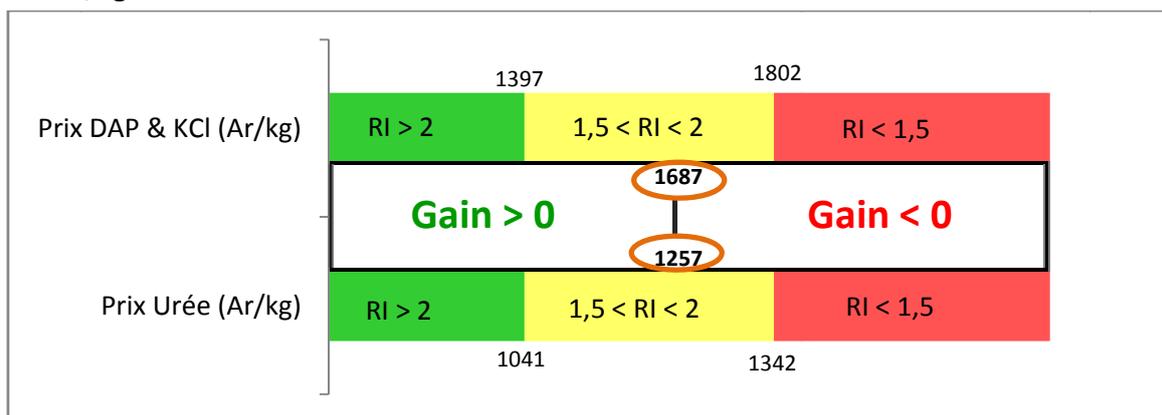
L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :
 $480\ 000 = 284,5 * x$, avec x le prix du NPK.

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 1687	< 1687	< 1257

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 1802	< 1802	< 1342
RI > 2	< 1397	< 1397	< 1041

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 1687 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 1257 Ar/kg.



b. Système de culture à base de riz sur sol exondé, précédent dolique en labour

Itinéraire technique						
Semences	Engrais			Herbicides		Insecticides et fongicides
culture (kg/ha)	DAP (kg/ha)	KCl (kg/ha)	Urée (kg/ha)	Glyphosate (L/ha)	2,4-D (L/ha)	Gaucho (g/ha)
60	130	80	100	3	1,5	150

- Modélisation du gain dégagé par la fertilisation minérale

Les résultats obtenus sur les deux parcelles cultivées sont les suivants :

	produit brut (Ar/ha)	Charges opérationnelles (Ar/ha)
Essai cultural sans engrais minéral	912 000	178 650
Essai cultural avec engrais minéraux	1 056 000	797 650

L'équation de la modélisation du gain réalisé par la fertilisation minérale est :

$$144\ 000 = 284,5 * x, \text{ avec } x \text{ le prix du NPK.}$$

Seuils de rentabilité			
	DAP	KCl	urée
Prix seuil (Ar/kg)	< 506	< 506	< 377

Seuils du retour sur investissement			
	DAP (Ar/kg)	KCl (Ar/kg)	Urée (Ar/kg)
RI < 1,5	< 857	< 857	< 638
RI > 2	< 609	< 609	< 454

Conclusion :

Pour des cultures suivant cet itinéraire technique, il devient intéressant d'utiliser des engrais minéraux pour un prix du DAP et du KCl inférieur à 506 Ar/kg et un prix de l'urée inférieur à 454 Ar/kg.

