

Bilan des éléments nutritifs de quelques cultures maraîchères

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*
Québec 



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Bilan des éléments nutritifs de quelques cultures maraîchères

Rédigé par Pierre Beaudet,
Direction de l'environnement et du
développement durable

en collaboration avec

Nicolas Tremblay, chercheur
Agriculture et Agroalimentaire Canada

2006/10/01

Table des matières

Liste des tableaux et figures.....	5
Résumé.....	7
Contexte.....	8
Remerciements.....	9
Objectifs du projet.....	9
Méthodologie.....	9
Résultats des légumes en terre noire.....	11
Dose recommandée par le CRAAQ et dose appliquée.....	11
Niveau de fertilité des sols en phosphore ou en potassium.....	11
Rendements moyens.....	11
Relations entre les doses, le niveau de fertilité et les rendements.....	11
Contenu en nitrates des sols.....	11
Contenu moyen en éléments minéraux.....	12
Bilan à la surface du sol des légumes en terre noire.....	12
Conclusion.....	13
Résultats des légumes en terre minérale.....	22
Dose recommandée par le CRAAQ et dose appliquée.....	22
Niveau de fertilité des sols en phosphore ou en potassium.....	22
Rendements moyens.....	22
Relations entre les doses, le niveau de fertilité et les rendements.....	22
Contenu en nitrates des sols.....	23
Contenu moyen en éléments minéraux.....	23
Bilan à la surface du sol des légumes.....	23
Conclusion.....	24
ANNEXE 1.....	37
ANNEXE 2.....	37
ANNEXE 2.....	38
ANNEXE 3.....	38
ANNEXE 3.....	39
Évaluation de l'impact de la fertilisation sur la quantité de nitrates résiduelle.....	39
Évaluation de la biomasse totale.....	39
ANNEXE 4.....	40
SOLS	40
CAROTTE	41
CITROUILLE	43
CORNICHON	43
MAÏS SUCRÉ	44
POIVRON, TOMATE	44

Liste des tableaux et figures

TABLEAU 1	LÉGUMES AYANT FAIT L'OBJET DE SUIVIS AU CHAMP EN 2001 ET 2002	9
TABLEAU 2	DOSE MOYENNE D'AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM ET FRÉQUENCE DE DÉPASSEMENT LES GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION DU CRAAQ POUR QUELQUES CULTURES EN TERRE NOIRE	14
TABLEAU 3	NIVEAU DE FERTILITÉ DES CHAMPS SUIVIS EN TERRE NOIRE POUR LE PHOSPHORE ET LE POTASSIUM	14
TABLEAU 4	CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE PAR TONNE DE MATIÈRE SÈCHE	14
TABLEAU 5	CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE PAR TONNE DE MATIÈRE FRAÎCHE	15
TABLEAU 6	RENDEMENT MOYEN DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	15
TABLEAU 7	QUANTITÉ MOYENNE PRÉLEVÉE EN AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM PAR QUELQUES LÉGUMES	15
TABLEAU 8	BILAN À LA SURFACE DU SOL DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	15
TABLEAU 9	CONTENU MOYEN EN NITRATE, PHOSPHORE ET POTASSIUM DES SOLS DE QUELQUES LÉGUMES	16
FIGURE 1	DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE COMPARÉE AVEC LA RECOMMANDATION DU CRAAQ CHAMP PAR CHAMP	16
FIGURE 2	DOSE DE PHOSPHORE APPORTÉE COMPARATIVEMENT À LA RECOMMANDATION CRAAQ CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	17
FIGURE 3	DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	17
FIGURE 4	TENDANCE OBSERVÉE DE L'IMPACT DE LA DOSE D'AZOTE SUR LE RENDEMENT DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	18
FIGURE 5	DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	18
FIGURE 6	TENDANCE OBSERVÉE DE L'IMPACT DE LA DOSE DE PHOSPHORE SUR LE RENDEMENT DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	19
FIGURE 7	EXPORTATIONS EN PHOSPHORE DU CHAMP EN RELATION AVEC LE RENDEMENT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	19
FIGURE 8	DOSE D'AZOTE ET CONTENU EN NITRATES DES SOLS À L'AUTOMNE SUIVANT LA RÉCOLTE ET AU PRINTEMPS SUIVANT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	20
FIGURE 9	DOSE D'AZOTE ET CONTENU EN NITRATES DES SOLS À L'AUTOMNE POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	20
FIGURE 10	RENDEMENT OBTENU POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE EN RELATION AVEC LE NIVEAU DE FERTILITÉ DU SOL EN PHOSPHORE	21
FIGURE 11	BILAN À LA SURFACE EN PHOSPHORE DE QUELQUES CHAMPS DE LÉGUMES EN TERRE NOIRE	21
TABLEAU 10	DOSE MOYENNE D'AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM ET FRÉQUENCE DE DÉPASSEMENT LES GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION DU CRAAQ POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	25
TABLEAU 11	NIVEAU DE FERTILITÉ DES CHAMPS SUIVIS EN TERRE MINÉRALE POUR LE PHOSPHORE ET LE POTASSIUM	25
TABLEAU 12	CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE DE MATIÈRE SÈCHE	26
TABLEAU 13	CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE FRAÎCHE	26

TABLEAU 14	CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES RÉSIDUS DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE DE MATIÈRE SÈCHE	26
TABLEAU 15	CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES RÉSIDUS DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE FRAÎCHE	27
TABLEAU 16	RENDEMENT MOYEN DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	27
TABLEAU 17	QUANTITÉ MOYENNE PRÉLEVÉE EN AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM PAR QUELQUES LÉGUMES	28
TABLEAU 18	BILAN À LA SURFACE DU SOL DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE	28
TABLEAU 19	CONTENU MOYEN EN NITRATE, PHOSPHORE ET POTASSIUM DES SOLS DE QUELQUES LÉGUMES	29
FIGURE 12	DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE COMPARÉE AVEC LA RECOMMANDATION DU CRAAQ CHAMP PAR CHAMP	29
FIGURE 13	DOSE DE PHOSPHORE APPORTÉE COMPARATIVEMENT À LA RECOMMANDATION CRAAQ CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	30
FIGURE 14	DOSE DE PHOSPHORE APPORTÉE COMPARATIVEMENT À LA RECOMMANDATION CRAAQ CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	30
FIGURE 15	DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	31
FIGURE 16	DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	31
FIGURE 17	DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	32
FIGURE 18	DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	32
FIGURE 19	DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR LE BROCOLI EN TERRE MINÉRALE	33
FIGURE 20	DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	33
FIGURE 21	RENDEMENT OBTENU POUR LE BROCOLI, LE CHOU-FLEUR, LA CITROUILLE, LE MAÏS ET LA TOMATE EN TERRE MINÉRALE EN RELATION AVEC LE NIVEAU DE FERTILITÉ DU SOL EN PHOSPHORE	34
FIGURE 22	DOSE D'AZOTE ET CONTENU EN NITRATES DES SOLS À L'AUTOMNE SUIVANT LA RÉCOLTE ET AU PRINTEMPS SUIVANT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	34
FIGURE 21	EXPORTATIONS EN PHOSPHORE DU CHAMP EN RELATION AVEC LE RENDEMENT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	37
FIGURE 24	BILAN À LA SURFACE EN PHOSPHORE DE QUELQUES CHAMPS DE LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE	37

Résumé

Cette enquête, effectuée pour 9 légumes en terre minérale et 3 en terre organique, a démontré qu'une proportion très importante des champs suivis recevait des quantités d'azote, de phosphore et de potassium plus importantes que la dose recommandée par le guide de référence en fertilisation du CRAAQ. Elle a aussi permis d'évaluer les exportations du champ en éléments minéraux de ces légumes par la récolte ainsi que le prélèvement total effectué pour 5 légumes en terre minérale. L'ensemble des informations a permis d'évaluer le bilan des éléments nutritifs de ces légumes, de constater que la plupart de ces bilans étaient excédentaires et que pour certains légumes le risque de lessivage des nitrates était présent.

Malgré ces évidences, on ne peut pour autant confirmer une utilisation abusive des engrais ni appuyer les recommandations du CRAAQ. En effet, ce qui caractérise les légumes par rapport aux cultures de grandes cultures, c'est qu'ils sont achetés selon leur apparence et que la récolte commercialisable importe énormément. Certains désordres physiologiques ou maladies sont influencés par les éléments fertilisants affectant ainsi la qualité et le rendement commercialisable. Et si la qualité de la récolte est importante, il faut encore considérer les facteurs qui peuvent influencer la qualité et la durée de conservation en entrepôt.

À ce stade, compte tenu de ces derniers éléments, des résultats de l'enquête et de l'évolution des pratiques culturales en cultures légumières (cultivars plus productifs et exigeants, densité plus élevée, utilisation de l'irrigation, ...), cette enquête confirme l'importance de mettre en place un programme complet de révision des grilles de référence en fertilisation intégrant le volet agronomique et environnemental.

Le rapport a fait l'objet d'une présentation lors d'un congrès de l'ACTA et la rédaction d'un article «Tremblay, N. and Beaudet, P. 2006. Soil Nmin content and P₂O₅ export from vegetable crops in Quebec (Canada). Acta Horticulturae 700: 185-189 ».

Contexte

En 1997, suite aux différents problèmes de qualité d'eau constatés dans les rivières du Québec, le gouvernement du Québec a légiféré pour exiger de la très grande majorité des entreprises agricoles un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) réalisé par un agronome. Les modalités d'application ont été amendées régulièrement par la suite pour en faciliter l'implantation mais le principe n'a pas été modifié à savoir que les doses de phosphore sont gérées de telle façon que les sols trop riches s'appauvrissent. Pour les grandes cultures, ce concept tient relativement bien la route et ne désavoue pas les grilles de référence en fertilisation. Toutefois, les cultures maraîchères doivent prendre en compte d'autres préoccupations que le simple rendement et les recherches en fertilisation des cultures légumières sont beaucoup moins nombreuses. Une première évaluation des pratiques de fertilisation au point de vue agronomique et environnemental laisse croire qu'un examen de ces pratiques est nécessaire.

Le *Guide de référence en fertilisation* édité en 2003 par le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) regroupe les grilles de fertilisation de l'ensemble des cultures y compris celles des cultures maraîchères. Cette dernière édition a apporté très peu de modifications aux grilles de fertilisation en productions maraîchères compte tenu du peu de recherches faites dans ce domaine. Ces grilles reposent en partie sur quelques essais de calibration réalisés au Québec dans les années 70, en partie sur des données provenant des provinces et des états voisins ainsi que sur les connaissances des conseillers du Québec. Pourtant, les techniques de production ont beaucoup évolué quant aux densités de semis ou de plantation, aux cultivars utilisés, à l'intensification de l'irrigation, etc. De plus, les productions maraîchères doivent considérer plus que le simple rendement. Certains désordres physiologiques ou maladies sont influencés par les éléments fertilisants affectant ainsi la qualité et le rendement commercialisable, ceci sans compter la conservation en entrepôt et le fait qu'elles peuvent être cultivées en terre minérale et organique.

Par conséquent, le concept du coût par kilogramme de rendement ou par unité de fertilisant utilisable en grandes cultures est plus difficilement applicable en cultures légumières. Plusieurs interrogations étaient donc soulevées sur la pertinence des recommandations retrouvées dans le principal outil des conseillers horticoles en matière de fertilisation qu'est le guide de référence en fertilisation du CRAAQ à la fois sur des aspects agronomiques et sur des aspects environnementaux.

Remerciements

Ce projet a été réalisé dans tout le Québec grâce à la participation bénévole d'un grand nombre de conseillers et au soutien technique et financier du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Sans le soutien de ces organismes mais encore plus grâce à celui des conseillers et des conseillères, ce projet n'aurait pu se réaliser. On peut consulter la liste des conseillers et des organismes associés au projet en annexe 1. Je tiens aussi à remercier de façon particulière le travail dévoué de Lucie Caron.

Objectifs du projet

Les objectifs principaux du projet étaient :

- d'examiner les programmes de fertilisation appliqués pour un certain nombre de légumes en terre minérale ou terre noire ;
- d'examiner dans une certaine mesure leur impact environnemental en ce qui concerne l'azote et le phosphore ;
- d'estimer les rendements, la biomasse totale produite et les exportations réelles du champ et par tonne de rendement.

Méthodologie

Pour ce faire, avec l'aide de plusieurs conseillers du Québec, plusieurs entreprises horticoles du Québec ont été approchées. L'objectif était d'obtenir une représentation satisfaisante des principales cultures légumières du Québec en terre minérale ou terre noire, des différentes régions productrices en légumes et d'obtenir un suivi autant que possible d'au moins 10 champs sur 2 saisons de production. En tenant compte des abandons pour diverses raisons, le tableau 1 donne le résultat final des cultures retenues donnant au total un suivi de 221 champs.

TABLERAU 1 LÉGUMES AYANT FAIT L'OBJET DE SUIVIS AU CHAMP EN 2001 ET 2002

Culture	Type de sol	Nombre de champs		Suivi
		2001	2002	
Brocoli	Terre minérale	12	10	Résidus et récolte
Carotte	Terre minérale	8	6	Résidus et récolte
	Terre noire	10		Récolte
Chou	Terre minérale	8	5	Récolte
Chou-fleur	Terre minérale	10	8	Résidus et récolte
Citrouille	Terre minérale	15	11	Récolte
Cornichon	Terre minérale	4	6	Résidus et récolte
Laitue	Terre noire	9	14	Récolte
Maïs sucré	Terre minérale	12	11	Résidus et récolte
Oignon	Terre noire	10	9	Récolte
Poivron	Terre minérale	11	13	Récolte
Tomate	Terre minérale	10	9	Récolte
Total		119	102	

Pour réaliser l'enquête et l'examen des différentes pratiques, une fiche de suivi a été élaborée afin de relever les principales caractéristiques de gestion : densité de semis, fertilisants (mode et moment), etc. Pour évaluer le contenu en nitrates des sols avant la fertilisation et après la récolte, un échantillonnage à une profondeur de 30 cm a été réalisé. Ce même échantillon a servi à estimer le niveau de fertilité des sols en phosphore et en potassium¹. Pour déterminer le contenu en éléments minéraux des légumes récoltés, un échantillonnage de la récolte a été effectué ainsi qu'une évaluation des rendements. Pour évaluer la biomasse produite laissée au champ, une évaluation de la quantité de résidus a été estimée et un échantillonnage des résidus effectué pour en déterminer le contenu en éléments minéraux. Si la récolte n'était pas effectuée en totalité, l'information était consignée. La fiche ainsi que les protocoles peuvent être consultés en annexe.

¹ *Compte tenu que l'échantillonnage conventionnel des sols s'effectue à une profondeur de 15 à 20 cm, ceci a sûrement affecté à la baisse le niveau de fertilité réel des sols minéraux et possiblement celui des sols organiques.*

Résultats des légumes en terre noire

En terre noire, 3 légumes ont été suivis : la carotte, la laitue et l'oignon. Seules des mesures sur les rendements ont été prises ; la biomasse totale n'a pas été évaluée mais le pourcentage du champ récolté était noté. Le sommaire des informations est présenté dans les tableaux 2 à 9 ainsi que dans les figures 1 à 8.

Dose recommandée par le CRAAQ et dose appliquée

Le tableau 2 indique la dose moyenne appliquée par les entreprises agricoles pour l'azote, le phosphore et le potassium pour les 3 légumes suivis en terre noire. Les figures 1 et 2 présentent la même information mais champ par champ et pour l'azote et le phosphore respectivement. On remarque un dépassement fréquent et relativement important de la dose recommandée par les grilles de référence en fertilisation du CRAAQ que ce soit pour l'azote, le phosphore ou le potassium à l'exception de la carotte pour l'azote.

Niveau de fertilité des sols en phosphore ou en potassium

Le tableau 3 indique que la majorité des sols se retrouvent dans la classe riche en phosphore et potassium (60 % et plus) et un seul dans la catégorie pauvre en ce qui concerne le phosphore. Le tableau 9 présente la moyenne de l'ensemble des champs. En théorie, tous les sols se retrouvent dans une catégorie suffisamment fertile.

Rendements moyens

Le tableau 6 présente le rendement moyen des légumes suivis. Il correspond généralement au rendement commercialisé mais dans certains cas, la fiche ne le précisait pas clairement. Le champ n'était pas nécessairement récolté en entier.

Relations entre les doses, le niveau de fertilité et les rendements

Cette enquête n'avait pas comme objectif d'établir une relation entre les doses, le niveau de fertilité et les rendements puisque la méthodologie n'était pas adéquate pour ce faire. Néanmoins, un examen des données présentées dans les figures 3, 4, 5 et 6 ne laisse pas apparaître de tendance évidente pour l'azote et le phosphore même si dans certains cas la pente peut être positive ou négative selon l'élément nutritif considéré (positive pour la carotte et la laitue et négative pour l'oignon dans le cas de l'azote). Il n'y a pas de figure pour le potassium mais c'est le même constat. À première vue, on ne remarque pas d'impact majeur de la dose ou du niveau de fertilité sur les rendements.

Contenu en nitrates des sols

En terre noire, le suivi a été effectué au printemps et à l'automne seulement. Le tout permettait d'évaluer la quantité déjà disponible avant toute fertilisation et d'estimer le reliquat après la récolte. Le tableau 9 présente la moyenne obtenue pour l'ensemble des champs suivis alors que la figure 9 la fournit champ par

champ en fonction de la dose. On constate que de façon générale, la quantité n'est pas négligeable et que le risque de lessivage est bien présent.

Contenu moyen en éléments minéraux

L'objectif principal du projet était d'établir le contenu moyen en éléments minéraux des légumes récoltés et des résidus laissés au champ. Pour les légumes en terre noire, seul le légume récolté a été analysé. Le tableau 4 présente les moyennes sur une base de matière sèche et le tableau 5 sur une base fraîche. On constate que sur une base fraîche, le coefficient de variation est un peu plus élevé car il tient aussi compte de la variation du pourcentage d'humidité. Pour l'azote, le phosphore et le potassium, le coefficient de variation (écart-type sur moyenne) demeure de l'ordre de 10 à 20 % sauf en ce qui concerne la laitue. Pour ce légume, la variation est plus de l'ordre de 25 - 30 % mais on retrouve tout de même 50 % des valeurs dans une fourchette de 20 % de la moyenne.

Bilan à la surface du sol des légumes en terre noire

Le bilan à la surface du sol compare les prélèvements d'éléments nutritifs par les cultures avec les apports associés aux matières fertilisantes (engrais minéraux, engrais de ferme, etc.) et à la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses. Il ne tient pas compte de la réserve en éléments nutritifs du sol. Son emploi aide à établir si la fertilisation excède ou non les exportations des cultures. Il faut distinguer aussi les exportations des prélèvements. Une culture peut prélever une certaine quantité d'éléments fertilisants dans la plante entière mais seule la partie récoltée est sortie du champ. En utilisant ce type de bilan dans le cas du phosphore et du potassium, on peut évaluer si la situation est favorable à l'enrichissement ou à l'appauvrissement des sols. Pour l'azote, il pourra indiquer le risque de laisser des reliquats d'azote importants. Dans le cas des légumes en terre noire, les apports se limitent aux engrais minéraux car les légumes ne font pas partie de la famille des légumineuses. Le bilan est par conséquent relativement simple à évaluer.

Bien que le contenu moyen ait évidemment son importance, ce sont les rendements qui ont la plupart du temps le plus d'impact sur les exportations des éléments nutritifs du champ. La figure 7 indique bien que les exportations en phosphore suivent l'augmentation des rendements.

À l'exception de la carotte, le tableau 9 et la figure 11 indiquent clairement que les quantités d'azote, de phosphore et de potassium appliquées demeurent en général relativement plus importantes que les quantités exportées. Le bilan à la surface du sol en phosphore est largement excédentaire pour la laitue et l'oignon et le sol est probablement en situation d'enrichissement si les bilans des cultures de la rotation sont identiques. Par contre, selon le tableau 9, le bilan moyen du potassium pour la carotte est négatif. Si on retrouve un bilan négatif pour un champ donné, il faut alors s'attendre à une diminution du niveau de fertilité.

Conclusion

Suite à l'examen de ces résultats, on peut s'interroger sur les pratiques de fertilisation en terre noire tout autant que sur la justesse des recommandations du CRAAQ en ce qui concerne ces légumes en terre noire. Le risque de lessivage de nitrates est bien présent et les bilans en phosphore sont suffisamment excédentaires pour placer les sols en situation d'enrichissement pour la laitue et l'oignon si les bilans de l'ensemble des cultures de la rotation sont tout autant excédentaires.

TABLEAU 2 DOSE MOYENNE D'AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM ET FRÉQUENCE DE DÉPASSEMENT LES GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION DU CRAAQ POUR QUELQUES CULTURES EN TERRE NOIRE

Culture	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Producteur (kg/ha)	CRAAQ (kg/ha)	Fréquence dépassement	Producteur (kg/ha)	CRAAQ (kg/ha)	Fréquence dépassement	Producteur (kg/ha)	CRAAQ (kg/ha)	Fréquence dépassement
Carotte	62	60	56%	85	27	100%	261	117	100%
Laitue	67	55	77%	167	41	100%	215	65	86%
Oignon	116	55	100%	133	44	95%	164	76	74%

TABLEAU 3 NIVEAU DE FERTILITÉ DES CHAMPS SUIVIS EN TERRE NOIRE POUR LE PHOSPHORE ET LE POTASSIUM

Classe de fertilité	Nombre de champs	
	Phosphore	Potassium
Pauvre	1	0
Moyen	12	12
Bon	7	4
Riche	6	3
Exc. riche	25	32
Pas d'information	1	1
Total	52	52

TABLEAU 4 CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE PAR TONNE DE MATIÈRE SÈCHE

Culture	Matière sèche (%)			N (kg/t sec)			P ₂ O ₅ (kg/t sec)			K ₂ O (kg/t sec)			Ca (kg/t sec)			
	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne
Carotte	11.5	0.9	7.4	13.4	1.9	14.1	9.4	1.8	19.6	39.2	6.2	15.7	2.81	0.24	8.5	1.19
Laitue	3.0	0.8	27.3	28.5	4.0	14.0	12.5	3.4	27.6	48.5	13.9	28.7	5.79	1.66	28.6	1.76
Oignon	11.3	1.6	14.3	14.3	2.0	14.0	8.5	1.4	16.5	19.4	2.8	14.5	3.29	0.73	22.2	1.17

TABLEAU 5 CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE PAR TONNE DE MATIÈRE FRAÎCHE

Culture	Humidité(%)		N (kg/t)		P ₂ O ₅ (kg/t)			K ₂ O (kg/t)			Ca (kg/t)			Mg (kg/t)		
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)
Carotte	88	1.6	0.2	10.4	1.1	0.2	14.6	4.5	0.6	14.2	0.32	0.01	3.9	0.14	0.03	20.1
Laitue	97	0.9	0.3	30.4	0.4	0.1	34.7	1.5	0.5	36.2	0.17	0.04	25.7	0.05	0.01	26.9
Oignon	89	1.6	0.3	18.9	1.0	0.2	22.6	2.2	0.5	22.6	0.37	0.08	22.3	0.13	0.04	29.3

TABLEAU 6 RENDEMENT MOYEN DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

Culture	Rendement (t frais /ha)	Rendement base matière sèche	
		Humidité (%)	T sec /ha
Carotte	68.9	88	8.0
Laitue	35.6	97	1.1
Oignon	49.5	89	5.5

TABLEAU 7 QUANTITÉ MOYENNE PRÉLEVÉE EN AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM PAR QUELQUES LÉGUMES

Culture	Récolte (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Carotte	107	75	330
Laitue	29	12	50
Oignon	79	43	90

TABLEAU 8 BILAN À LA SURFACE DU SOL DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

Culture	Quantité exportée par la récolte (kg/ha)			Dose producteur			Bilan à la surface du sol		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Carotte	107	75	330	62	85	261	-45	11	-36
Laitue	29	12	50	67	167	215	46	157	182
Oignon	79	43	99	116	133	164	54	99	87

TABLEAU 9 CONTENU MOYEN EN NITRATE, PHOSPHORE ET POTASSIUM DES SOLS DE QUELQUES LÉGUMES

Culture	Contenu en N-NO ₃ (kg/ ha)		Analyse sol	
	Printemps année 1	Automne année 1	Phosphore	Potassium
Carotte	246	124	528	423
Laitue	237	232	503	862
Oignon	223	340	379	1002

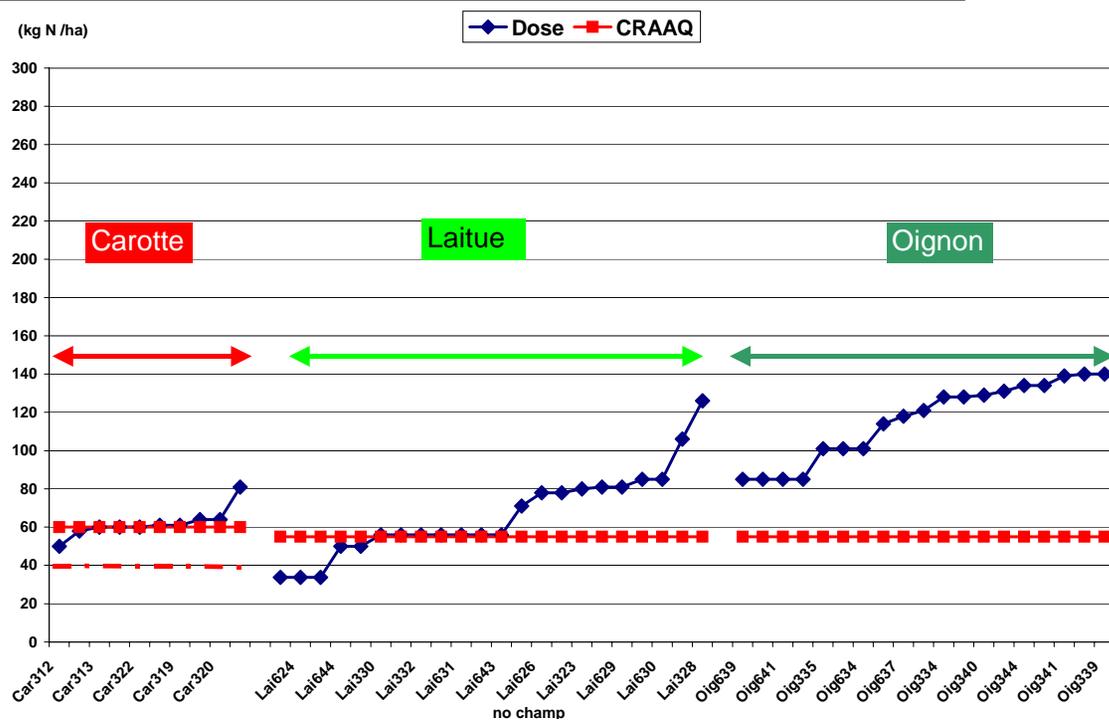


FIGURE 1 DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE COMPARÉE AVEC LA RECOMMANDATION DU CRAAQ CHAMP PAR CHAMP

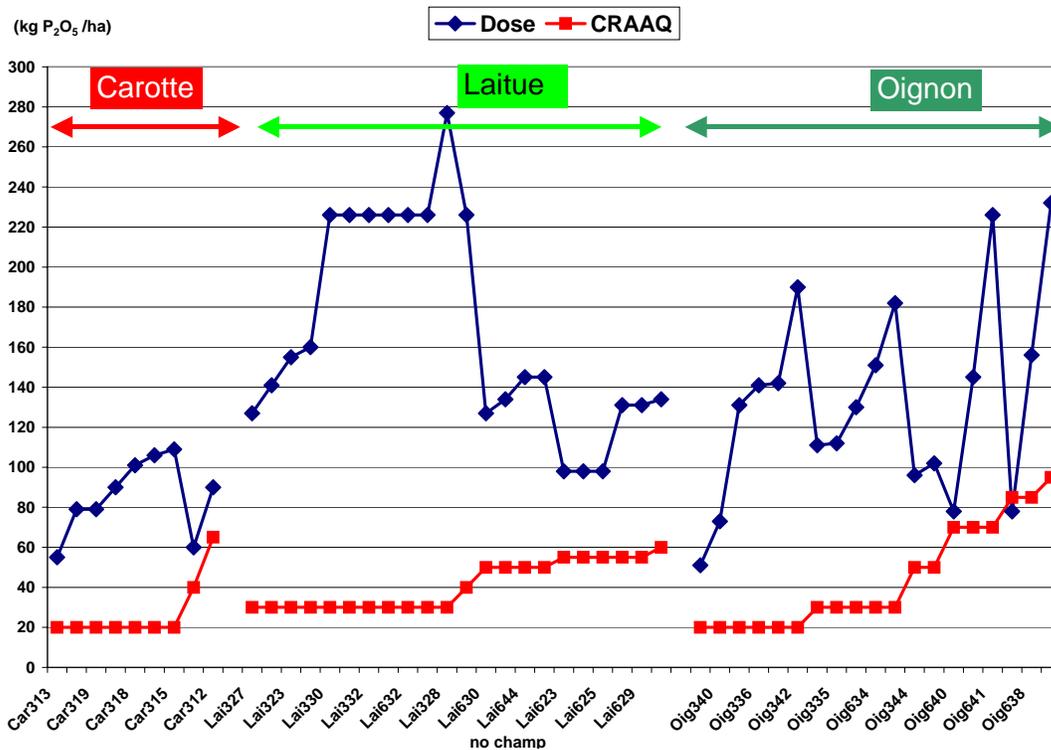


FIGURE 2 DOSE DE PHOSPHORE APPORTÉE COMPARATIVEMENT À LA RECOMMANDATION CRAAQ CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

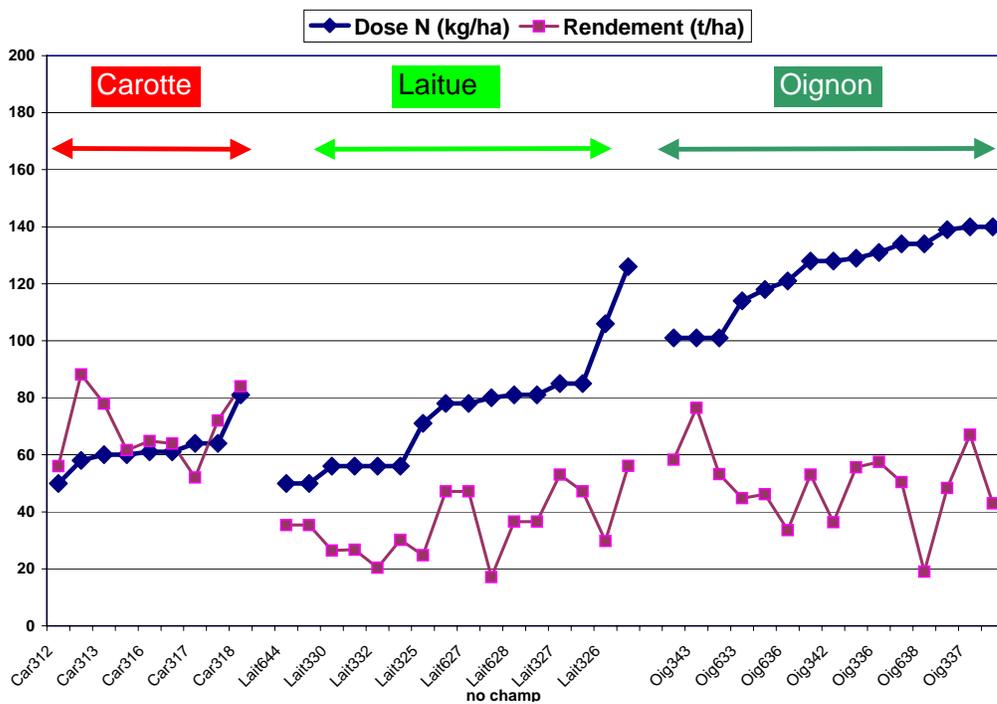


FIGURE 3 DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

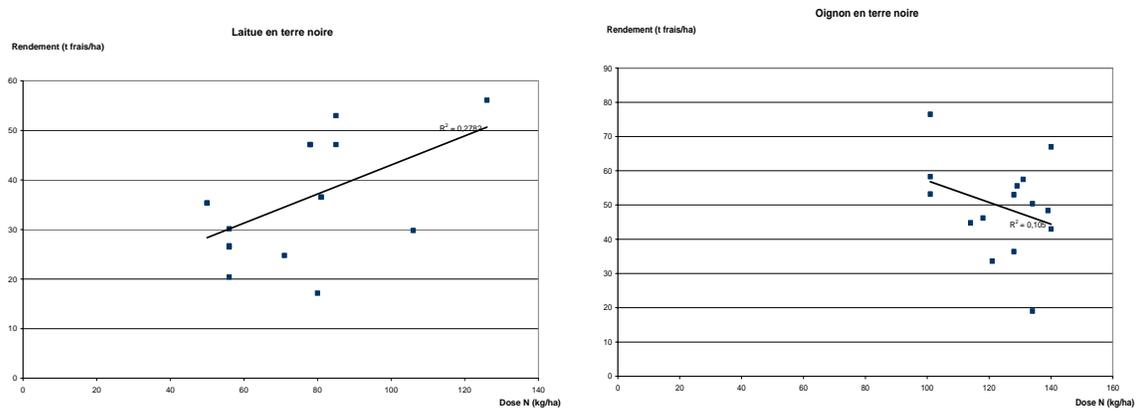


FIGURE 4 TENDANCE OBSERVÉE DE L'IMPACT DE LA DOSE D'AZOTE SUR LE RENDEMENT DE LA LAITUE ET DE L'OIGNON

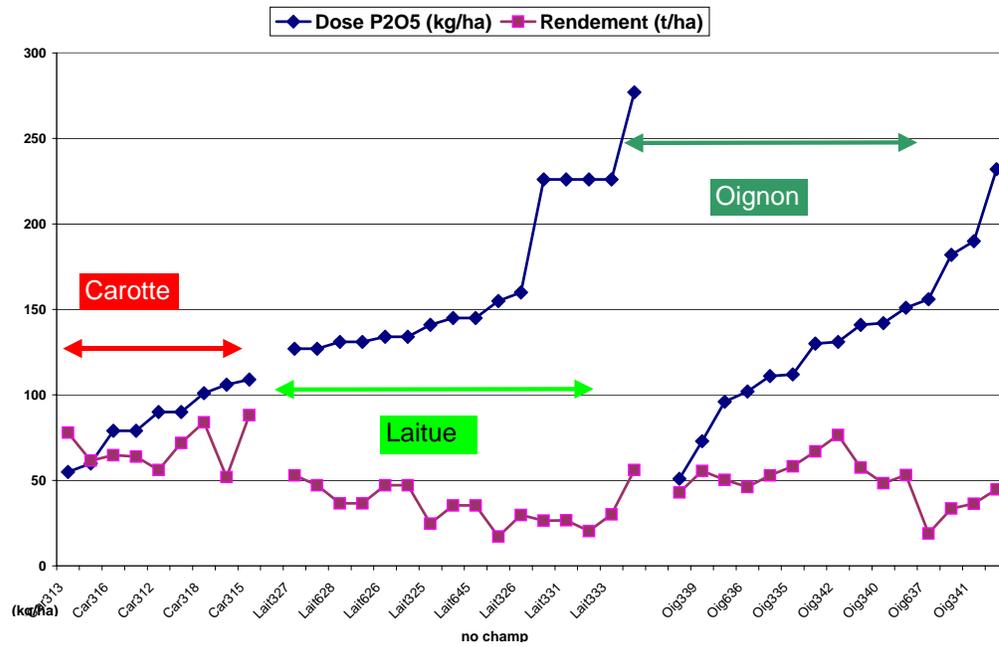


FIGURE 5 DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

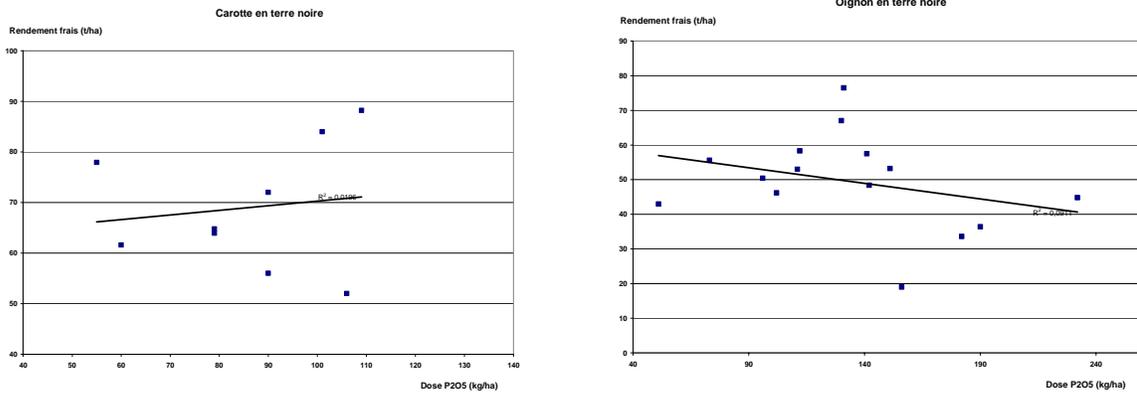


FIGURE 6 TENDANCE OBSERVÉE DE L'IMPACT DE LA DOSE DE PHOSPHORE SUR LE RENDEMENT DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

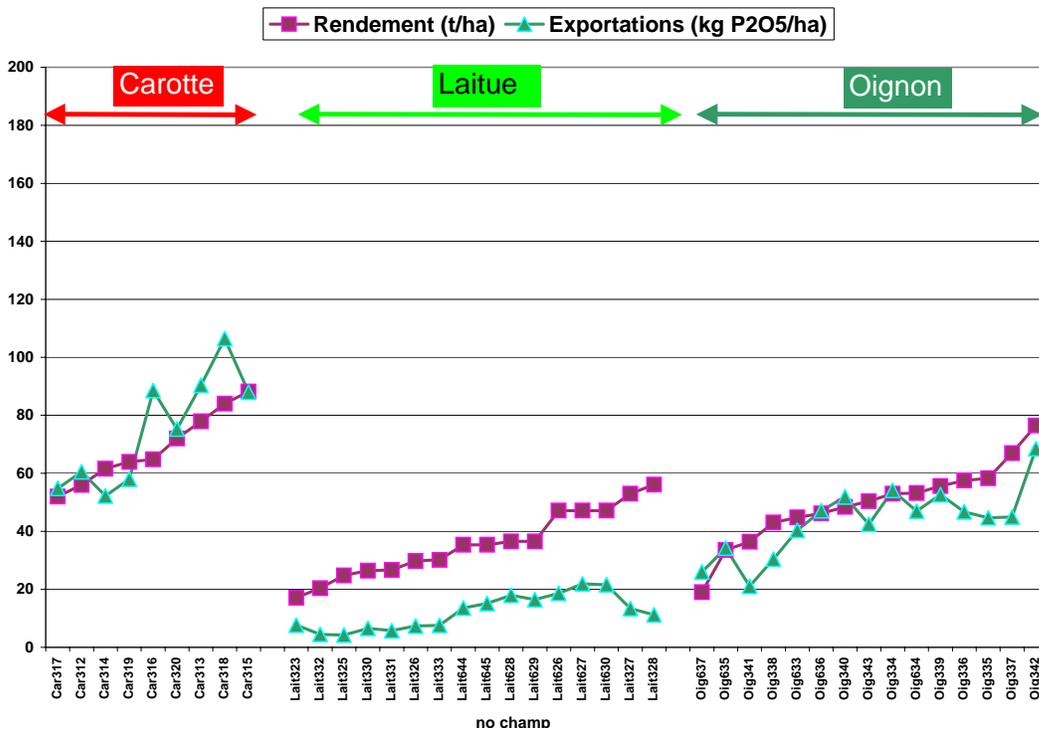


FIGURE 7 EXPORTATIONS EN PHOSPHORE DU CHAMP EN RELATION AVEC LE RENDEMENT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

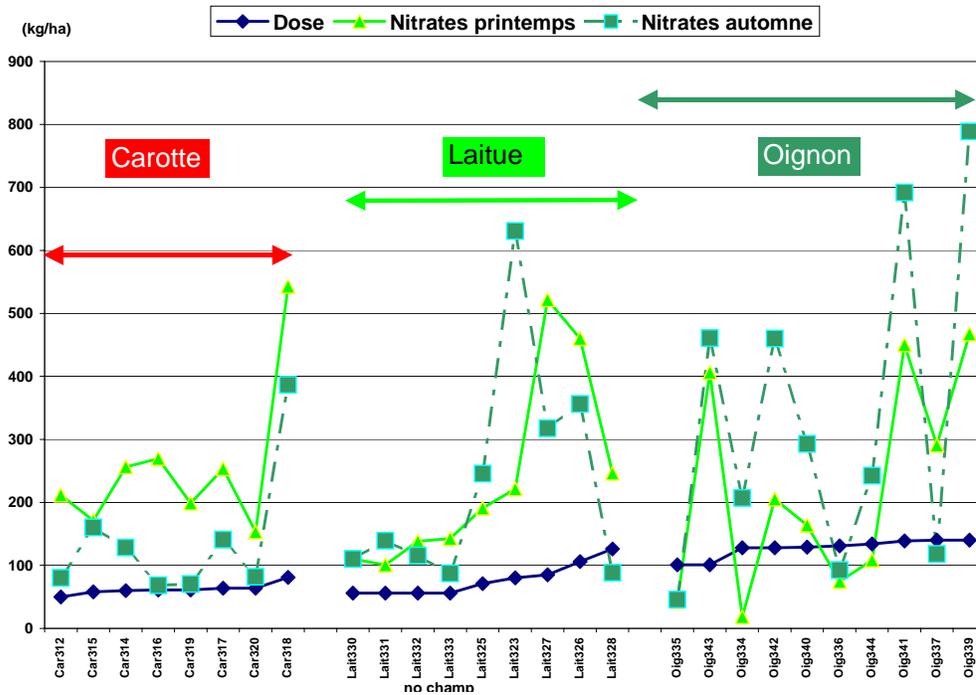


FIGURE 8 DOSE D'AZOTE ET CONTENU EN NITRATES DES SOLS À L'AUTOMNE SUIVANT LA RÉCOLTE ET AU PRINTEMPS SUIVANT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

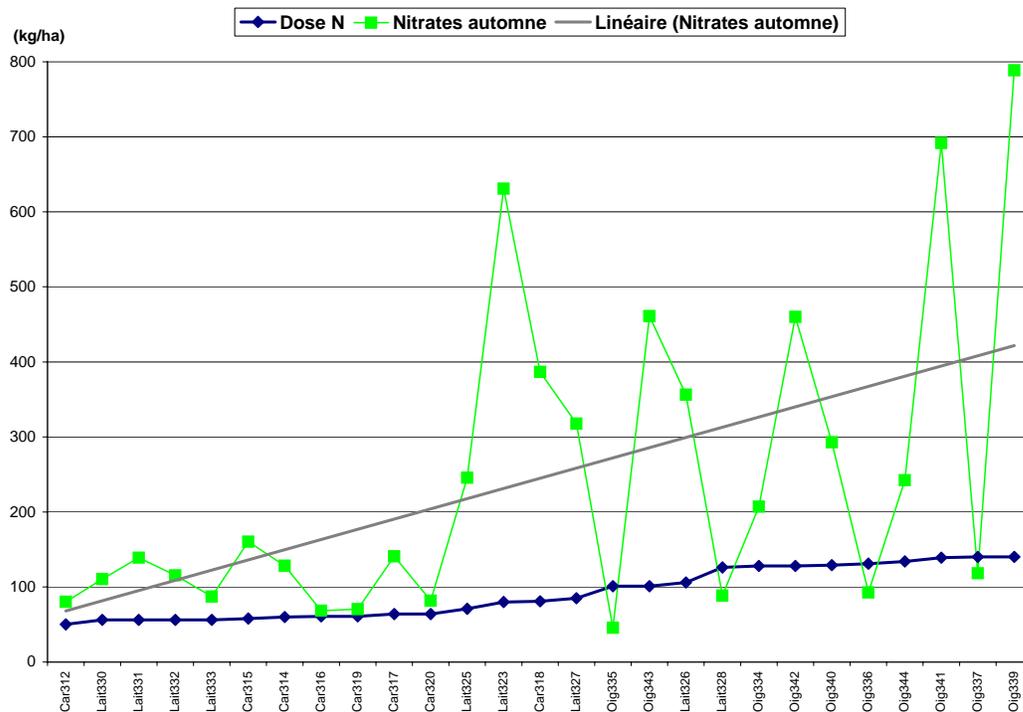


FIGURE 9 DOSE D'AZOTE ET CONTENU EN NITRATES DES SOLS À L'AUTOMNE POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE

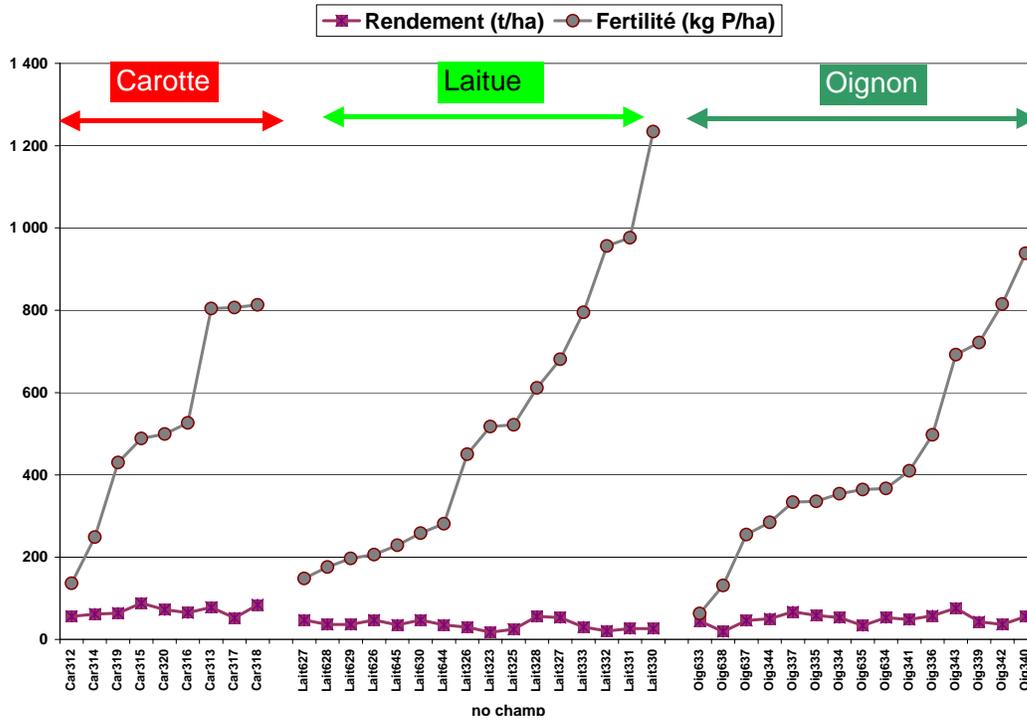


FIGURE 10 RENDEMENT OBTENU POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE NOIRE EN RELATION AVEC LE NIVEAU DE FERTILITÉ DU SOL EN PHOSPHORE

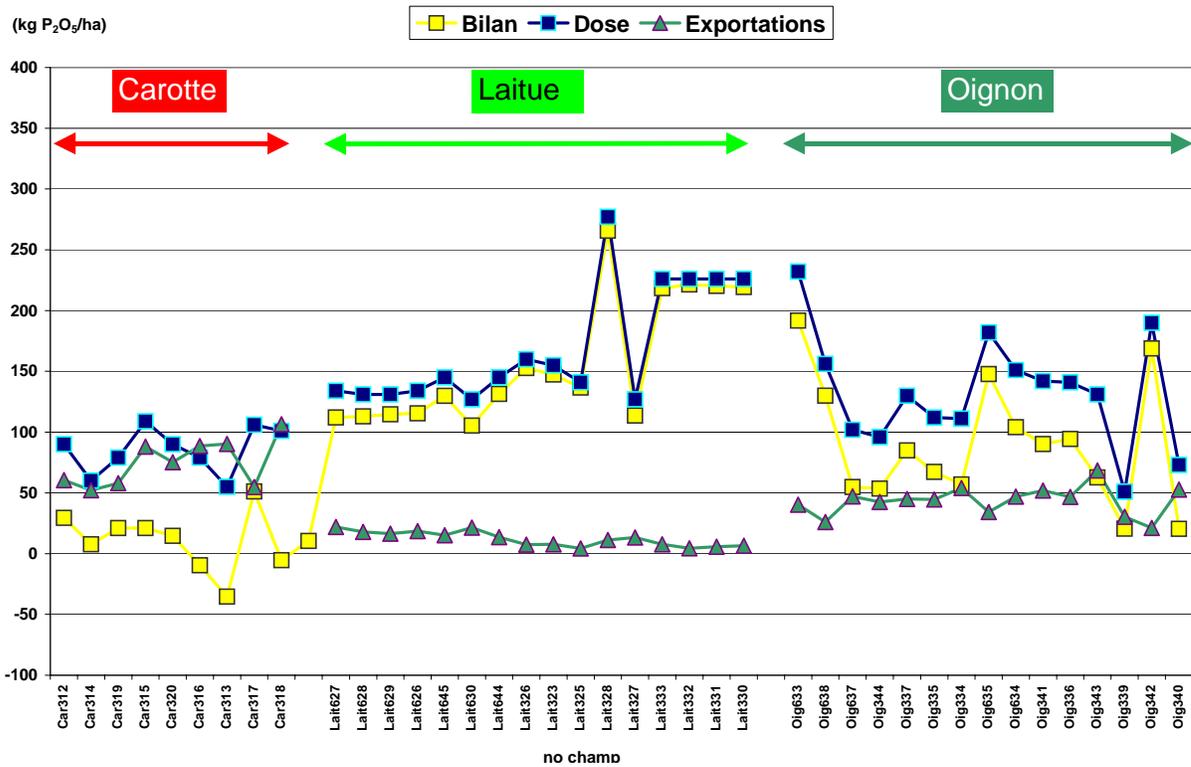


FIGURE 11 BILAN À LA SURFACE EN PHOSPHORE DE QUELQUES CHAMPS DE LÉGUMES EN TERRE NOIRE

Résultats des légumes en terre minérale

En terre minérale, 9 légumes ont fait l'objet de suivis dont 5 à la fois pour la récolte et les résidus de récolte (voir le sommaire dans le tableau 1). Ce dernier suivi a été effectué pour évaluer l'importance des résidus de récolte, la quantité d'éléments nutritifs retournée au sol pour ajuster éventuellement la fertilisation azotée requise pour répondre aux besoins de la culture suivante.

Dose recommandée par le CRAAQ et dose appliquée

Le tableau 10 indique la dose moyenne appliquée par les entreprises agricoles pour l'azote, le phosphore et le potassium pour les 9 légumes comparativement aux doses suggérées par les grilles de référence en fertilisation du CRAAQ ainsi que la fréquence de dépassement des grilles. Quelques champs ont aussi reçus de l'engrais de ferme. La quantité est aussi comptabilisée. En sol minéral, le dépassement est moins important qu'en sol organique mais demeure tout de même fréquent peu importe l'élément nutritif considéré. Les figures 12 à 14 présentent la même information mais champ par champ pour l'azote et le phosphore respectivement. On peut y remarquer que s'il y a dépassement, un certain nombre de champs sont fertilisés moins que ce que le CRAAQ recommande².

Niveau de fertilité des sols en phosphore ou en potassium

Le niveau de fertilité des sols en phosphore et en potassium en terre minérale diffère considérablement de celui des terres noires². Le tableau 11 indique que la majorité des sols se retrouve dans une classe de fertilité moins élevée que les sols organiques au point de vue agronomique. Le pourcentage de saturation des sols en phosphore confirme que le niveau de fertilité des sols est moins élevé. Le tableau 19 donne le contenu moyen des sols en phosphore et potassium. La moyenne est généralement dans une classe de fertilité « bonne et moins » que ce soit pour le phosphore ou pour le potassium.

Rendements moyens

Le tableau 16 présente le rendement moyen des légumes en terre minérale. Il correspond généralement au rendement commercialisé mais dans certains cas, la fiche ne le précisait pas clairement. Les champs n'ont pas été nécessairement récoltés en entier. Cette information a été prise en compte.

Relations entre les doses, le niveau de fertilité et les rendements

Cette enquête n'avait pas comme objectif d'établir une relation entre les doses, le niveau de fertilité et les rendements puisque la méthodologie n'était pas adéquate pour ce faire. Néanmoins, un examen des données présentées dans les figures 15 à 21 ne laisse pas apparaître de tendance évidente pour l'azote et le phosphore même si dans certains cas, la pente peut être positive ou négative selon le légume et l'élément nutritif considéré. Il n'y a pas de figure pour le potassium mais c'est le

² Il est probable que la dose recommandée soit dans les faits moins élevée compte tenu de l'effet de dilution apporté par un échantillonnage des sols à 30 cm plutôt qu'à 20 cm.

même constat. À première vue, on ne remarque pas d'impact majeur de la dose ou du niveau de fertilité sur les rendements.

Contenu en nitrates des sols

Le tableau 19 présente le contenu moyen au printemps avant la culture du légume, après la récolte et au printemps suivant. On constate pour quelques légumes seulement un certain risque de lessivage (moyenne > 50 kg). Toutefois, la figure 23 illustre mieux la fluctuation selon les champs. Il n'y a pas de relation évidente entre la dose d'azote et la quantité de nitrates des sols à l'automne en sol minéral bien qu'il semble y avoir des légumes plus à risque.

Contenu moyen en éléments minéraux

Les tableaux 12 et 13 présentent le contenu moyen en éléments minéraux des légumes en terre minérale alors que les tableaux 14 et 15 celui des résidus laissés au sol respectivement sur une base sèche et fraîche. L'écart type sur la base fraîche est plus élevé car il tient compte à la fois des variations sur la base sèche et de la variation sur le contenu en matière sèche. Sur base sèche, comme pour les légumes en terre noire, les C.V. varient généralement de moins que 20 % sauf en ce qui concerne le pourcentage de matière sèche. Comme les coefficients de variation sont élevés pour la matière sèche, les C.V. sur une base fraîche sont importants. Pour les légumes dont le C.V. est le plus élevé, on ne retrouve pas 50% des valeurs à l'intérieur de la fourchette de 20 % de la moyenne. Malgré tout, la moyenne d'exportation du P pour le cornichon correspond à la même valeur que Fink³. Quant aux résidus, les C.V. sont près de 20 % lorsqu'ils sont plus élevés et la différence est moins importante entre base sèche et fraîche.

Bilan à la surface du sol des légumes

Le bilan à la surface du sol compare les prélèvements d'éléments nutritifs par les cultures avec les apports associés aux matières fertilisantes (engrais minéraux, engrais de ferme, etc.) et à la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses. Il ne tient pas compte de la réserve en éléments nutritifs du sol. Son emploi aide à établir si la fertilisation excède ou non les exportations des cultures. Il faut distinguer aussi les exportations des prélèvements. Une culture peut prélever une certaine quantité d'éléments fertilisants dans la plante entière mais seule la partie récoltée est sortie du champ. Dans le cas du phosphore ou du potassium, il peut indiquer si la situation est favorable à l'enrichissement ou à l'appauvrissement du sol. Pour l'azote, il pourra indiquer le risque de laisser des reliquats d'azote importants. Dans le cas des légumes en terre minérale, les apports se limitent surtout aux engrais minéraux seulement quelques champs seulement ayant reçu des engrais de ferme. Aucun légume ne faisait partie de la famille des légumineuses. Le bilan est par conséquent relativement simple à évaluer. Même si les exportations du champ n'étaient pas élevées, il n'en demeure pas moins qu'une biomasse importante est produite. Par exemple, en moyenne, les résidus de brocoli ont laissé 169 kg de N, 48 kg de P₂O₅ et 237 kg de K₂O.

³ Fink. M.C. Feller et al, 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium et magnesium contents of field vegetables / recent data for fertilizer recommendations and nutrient balances. J. Plant. Nutr. Soil Sci. 161 : 71-73.

Bien que le contenu moyen ait évidemment son importance, ce sont les rendements qui ont le plus d'impact sur les exportations des éléments nutritifs du champ. La figure 21 indique bien que les exportations en phosphore suivent l'augmentation des rendements.

À l'exception de la carotte, le tableau 18 et la figure 26 indiquent clairement que les quantités d'azote, de phosphore et de potassium appliquées demeurent en général relativement plus importantes que les quantités exportées. Le bilan à la surface du sol en phosphore est généralement excédentaire et particulièrement élevé pour certains légumes. La situation est moins généralisée pour le potassium. Il est même déficitaire pour la carotte pour certains champs. Le sol est probablement en situation d'enrichissement en phosphore si les bilans des cultures de la rotation sont identiques. Pour le potassium, la situation est variable mais mérite une surveillance particulière.

Conclusion

Suite à l'examen de ces résultats, on peut s'interroger sur les pratiques de fertilisation actuelles tout autant que sur la justesse des recommandations du CRAAQ en ce qui concerne ces légumes en terre minérale. Le risque de lessivage de nitrates est plus ou moins présent selon le légume et le champ considérés. Les bilans en phosphore sont suffisamment excédentaires pour placer les sols en situation d'enrichissement si les bilans de l'ensemble des cultures de la rotation sont tout autant excédentaires alors que pour le potassium, la situation est variable.

TABLEAU 10 DOSE MOYENNE D'AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM ET FRÉQUENCE DE DÉPASSEMENT LES GRILLES DE RÉFÉRENCE EN FERTILISATION DU CRAAQ POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

Culture	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Producteur (kg/ha)	CRAAQ (kg/ha)	Fréquence dépassement	Producteur (kg/ha)	CRAAQ (kg/ha)	Fréquence dépassement	Producteur (kg/ha)	CRAAQ (kg/ha)	Fréquence dépassement
Brocoli	148	135	43%	156	159	56%	126	120	58%
Carotte	146	80	80%	91	55	70%	116	83	60%
Chou	150	135	67%	157	133	50%	118	114	33%
Chou-fleur	175	135	29%	192	178	35%	199	152	65%
Citrouille	121	115	50%	123	116	50%	114	103	38%
Cornichon	98	115	33%	87	93	40%	100	119	50%
Maïs sucré	121	150	25%	60	45	75%	74	44	63%
Poivron	183	140	83%	168	91	78%	231	117	94%
Tomate	104	135	14%	135	110	57%	175	134	43%

TABLEAU 11 NIVEAU DE FERTILITÉ DES CHAMPS SUIVIS EN TERRE MINÉRALE POUR LE PHOSPHORE ET LE POTASSIUM

Classe de fertilité	Nombre de champs		
	Phosphore	% saturation phosphore	Potassium
Pauvre	23	23	28
Moyen	56	-	80
Bon	36	37	24
Riche	16	40	19
Exc. riche	28	14	6
Pas d'information	10	55	12
Total	169	169	169

Note : Étant donné que l'échantillon a été prélevé sur une profondeur de 30 cm, il est probable que le niveau de fertilité en phosphore et en potassium soit effectivement plus élevé.

TABLEAU 12 CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE DE MATIÈRE SÈCHE

Culture	Matière sèche (%)			N (kg/t sec)			P ₂ O ₅ (kg/t sec)			K ₂ O (kg/t sec)			Ca (kg/t sec)		Mg (kg/t sec)	
	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	C.V. (%)	Moyenne	Écart-type	C.V.(%)	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Brocoli	10.7	1.0	9.4	38.7	6.5	16.8	12.4	1.8	14.9	36.9	2.6	7.1	4.29	2.43	1.68	0.31
Carotte	11.9	1.1	9.1	12.1	1.7	14.0	6.4	0.9	14.3	32.7	3.4	10.5	2.65	0.23	1.17	0.17
Chou	10.4	0.9	8.9	18.4	2.5	13.6	5.9	0.5	8.7	28.9	2.0	7.0	4.97	0.96	1.44	0.24
Chou-fleur	8.10	1.0	12.6	37.6	3.9	10.4	9.4	1.5	15.7	37.5	4.1	10.9	9.44	10.60	1.81	0.80
Citrouille	7.97	2.4	30.3	25.6	5.7	22.3	9.4	3.0	32.5	41.5	14.6	35.1	3.22	1.27	2.88	0.66
Cornichon	7.29	3.6	48.9	26.3	3.3	12.5	9.7	2.8	28.7	45.2	10.7	23.6	15.15	19.89	4.36	2.48
Maïs sucré	22.0	4.0	18.3	15.2	1.9	12.5	6.3	0.8	12.6	13.5	7.1	52.8	1.01	1.88	1.46	0.55
Poivron	7.13	2.7	37.4	22.0	2.6	11.8	6.5	1.1	16.6	34.9	4.1	11.8	1.95	3.46	1.59	1.62
Tomate	6.6	3.6	53.6	21.5	3.5	16.3	5.90	1.3	21.2	36.00	5.2	14.4	3.20	7.78	1.60	1.51

TABLEAU 13 CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE FRAÎCHE

Culture	Humidité(%)	N (kg/t hum)			P ₂ O ₅ (kg/t hum)			K ₂ O (kg/t hum)			Ca (kg/t hum)			Mg (kg/t hum)		
	Moyenne	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	C.V.	Moyenne	Écart-type	C.V.
Brocoli	89	4.1	0.83	20.0	1.3	0.23	17.1	3.9	0.49	12.4	0.46	0.27	59.6	0.18	0.03	18.0
Carotte	88	1.4	0.30	20.9	0.8	0.14	17.9	3.9	0.45	11.5	0.31	0.04	11.6	0.14	0.03	18.8
Chou	90	1.9	0.20	10.6	0.6	0.05	7.8	3.0	0.26	8.5	0.52	0.10	20.2	0.15	0.02	12.5
Chou-fleur	92	3.0	0.42	13.9	0.8	0.15	19.4	3.0	0.51	16.8	0.80	0.99	122.8	0.15	0.08	53.5
Citrouille	92	2.0	0.98	47.9	0.7	0.42	56.7	3.3	1.3	39.6	0.24	0.11	45.1	0.23	0.10	42.0
Cornichon	93	1.9	1.05	54.7	0.7	0.25	34.6	3.3	1.4	43.8	1.72	2.7	154.6	0.32	0.42	132.7
Maïs sucré	78	3.4	0.58	17.3	1.4	0.23	16.3	3.0	1.6	54.2	0.22	0.42	186.9	0.32	0.14	42.4
Poivron	93	1.6	0.73	46.5	0.5	0.18	37.8	2.5	1.4	56.3	0.22	0.66	305.8	0.11	0.33	288.4
Tomate	93	1.4	0.47	33.05	0.4	0.16	40.99	2.4	1.5	61.77	0.43	1.6	359.49	0.11	0.33	308.81

TABLEAU 14 CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES RÉSIDUS DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE DE MATIÈRE SÈCHE

Culture	Matière sèche (%)			Contenu moyen en N (kg/t)			Contenu moyen en P ₂ O ₅ (kg/t)			Contenu moyen en K ₂ O (kg/ t)		
	Analyse	Écart-type	C.V.(%)	Analyse	Écart-type	C.V.(%)	Analyse	Écart-type	C.V.(%)	Analyse	Écart-type	C.V.(%)
Brocoli	10.8	1.7	15.5	27.2	5.3	19.5	7.7	1.4	18.2	38.3	6.7	17.5
Carotte	19.6	3.2	16.2	23.2	3.7	16.0	4.4	0.6	13.6	67.9	21.5	31.7
Chou-fleur	10.4	2.0	19.1	32.6	4.3	13.2	8.7	2.5	28.7	30.2	7.6	25.2
Cornichon	11.5	2.2	19.5	28.1	4.5	16.0	6.6	1.5	22.7	37.8	9.4	24.9
Maïs sucré	20.4	3.6	17.8	16.0	4.1	25.7	5.2	1.2	23.1	2.7	0.6	22.1

TABLEAU 15 CONTENU MOYEN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES RÉSIDUS DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE PAR TONNE FRAÎCHE

Culture	Humidité (%)	Contenu moyen en N (kg/t)			Contenu moyen en P ₂ O ₅ (kg/t)			Contenu moyen en K ₂ O (kg/ t)		
	Analyse	Analyse	Écart-type	C.V.(%)	Analyse	Écart-type	C.V.(%)	Analyse	Écart-type	C.V.(%)
Brocoli	89	2.9	0.5	17.8	0.84	0.19	23.1	4.2	1.1	25.7
Carotte	80	4.6	1.1	25.0	0.86	0.17	19.9	12.9	3.1	23.7
Chou-fleur	90	3.4	0.6	17.8	0.87	0.19	22.1	3.1	0.81	26.3
Cornichon	88	3.2	0.6	18.7	0.75	0.18	23.8	4.3	1.2	28.9
Maïs sucré	80	3.2	0.9	27.4	1.0	0.17	16.6	0.5	0.1	16.6

TABLEAU 16 RENDEMENT MOYEN DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

Culture	Rendement (t frais /ha)	Rendement base matière sèche	
		Humidité (%)	T sec /ha
Brocoli	12,6	89	1,3
Carotte	40,5	88	4,7
Chou	44,7	90	4,9
Chou-fleur	29,1	92	2,4
Citrouille	36,2	92	2,8
Cornichon	23,7	93	2,3
Maïs sucré	11,6	78	2,4
Poivron	37,2	93	2,3
Tomate	30,9	93	1,6

TABLEAU 17 QUANTITÉ MOYENNE PRÉLEVÉE EN AZOTE, PHOSPHORE ET POTASSIUM PAR QUELQUES LÉGUMES

Culture	Récolte (kg/ha)			Résidus (kg/ha)			Récolte et résidus(kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Brocoli	52	17	50	169	48	237	221	65	287
Carotte	55	32	158	45	9	168	100	41	326
Chou	82	28	138				82	28	138
Chou-fleur	75	22	89	109	28	96	184	50	185
Citrouille	81	27	109				81	27	109
Cornichon	61	18	70	29	7	37	90	25	107
Maïs sucré	36	15	29	104	32	17	140	47	46
Poivron	51	14	80				51	14	80
Tomate	34	9	59				34	9	59

TABLEAU 18 BILAN À LA SURFACE DU SOL DE QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

Culture	Quantité exportée par la récolte (kg/ha)			Dose producteur			Bilan à la surface du sol		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Brocoli	52	17	50	148	156	126	100	149	79
Carotte	55	32	158	146	91	116	108	68	-43
Chou	82	28	138	150	157	118	82	133	4
Chou-fleur	75	22	89	175	192	199	100	170	110
Citrouille	81	27	109	121	123	114	39	96	4
Cornichon	61	18	70	98	87	100	51	78	42
Maïs sucré	36	15	29	121	60	74	84	45	46
Poivron	51	14	80	183	168	231	128	155	148
Tomate	34	9	59	104	135	175	71	128	131

TABLEAU 19 CONTENU MOYEN EN NITRATE, PHOSPHORE ET POTASSIUM DES SOLS DE QUELQUES LÉGUMES

Culture	Contenu en N-NO ₃ (kg/ ha)			Analyse sol	
	Printemps	Automne	Printemps	Phosphore	Potassium
	année 1	année 1	année 2		
Brocoli	56	69	48	184	375
Carotte	57	80	29	406	170
Chou	33	44	45	270	386
Chou-fleur	64	84	46	158	271
Citrouille	39	45	35	186	323
Cornichon	23	66	22	229	274
Maïs sucré	61	65	35	193	290
Poivron	36	73	19	421	182
Tomate	35	50	29	326	326

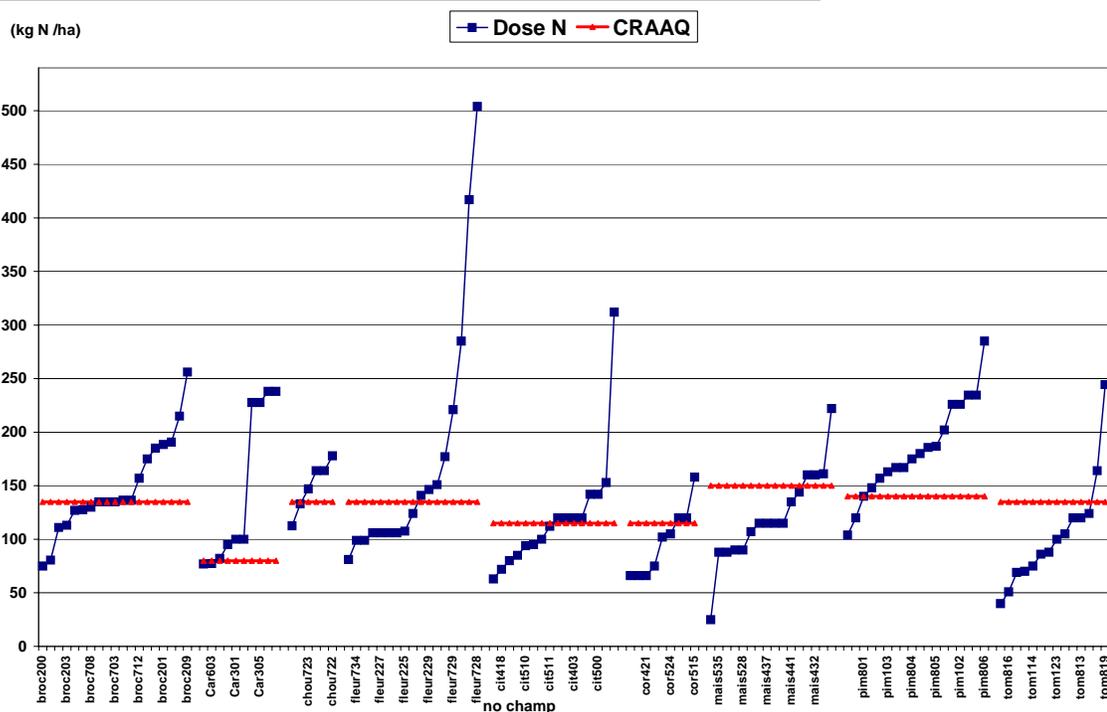


FIGURE 12 DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE COMPARÉE AVEC LA RECOMMANDATION DU CRAAQ CHAMP PAR CHAMP

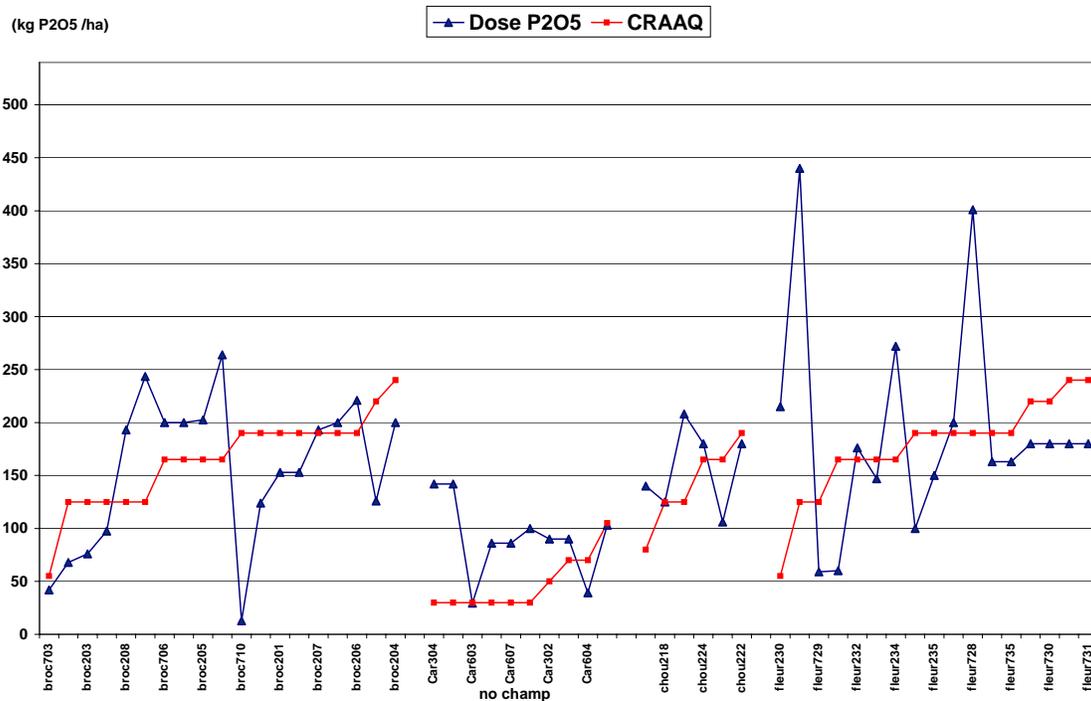


FIGURE 13 DOSE DE PHOSPHORE APPORTÉE COMPARATIVEMENT À LA RECOMMANDATION CRAAQ CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

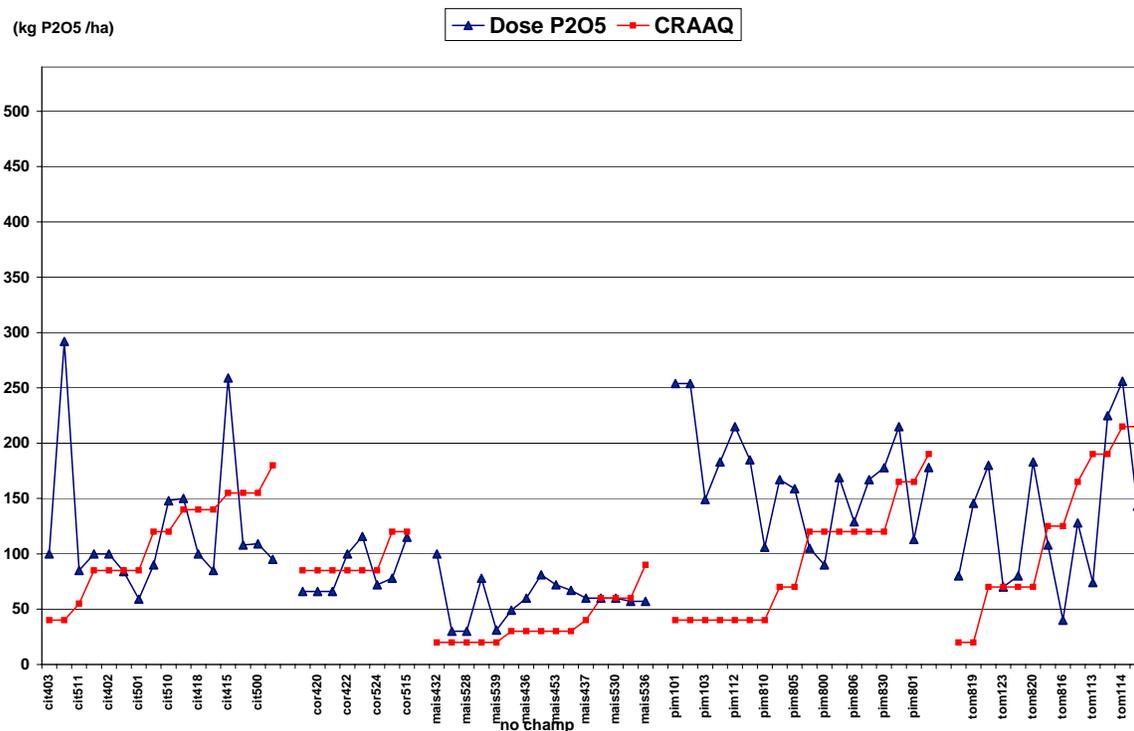


FIGURE 14 DOSE DE PHOSPHORE APPORTÉE COMPARATIVEMENT À LA RECOMMANDATION CRAAQ CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

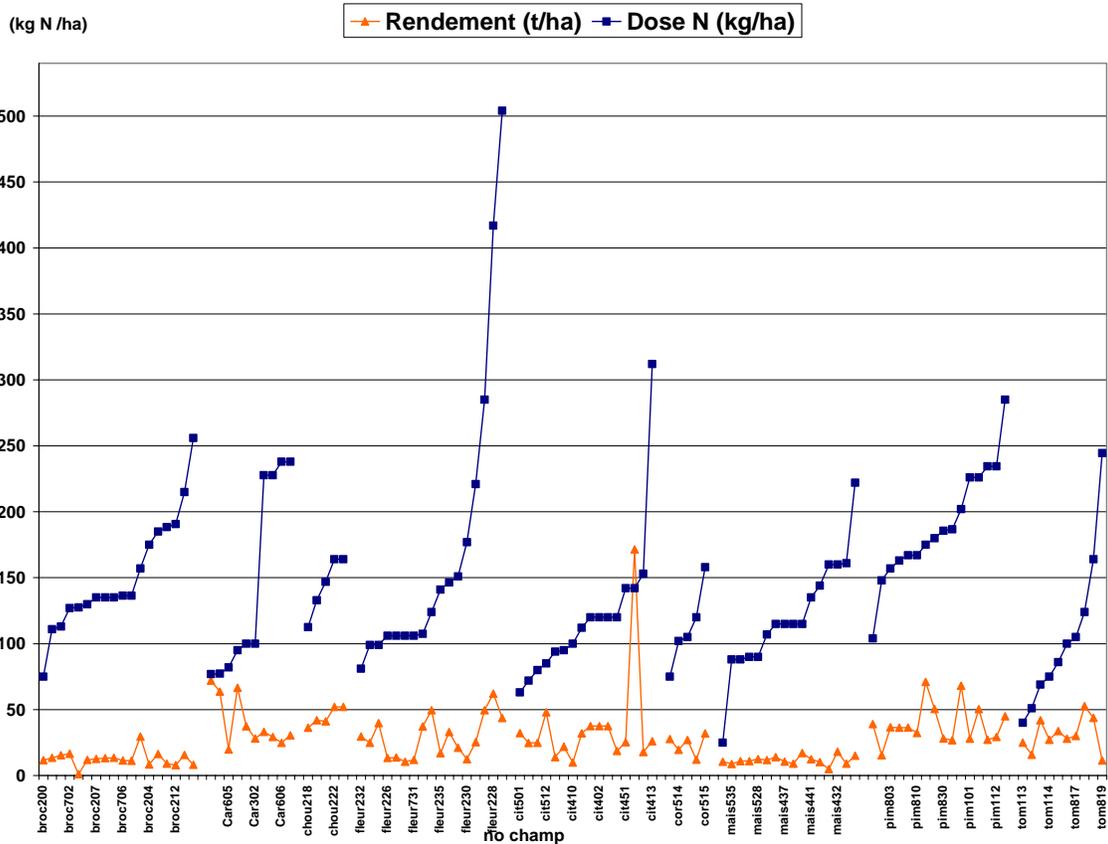


FIGURE 15 DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

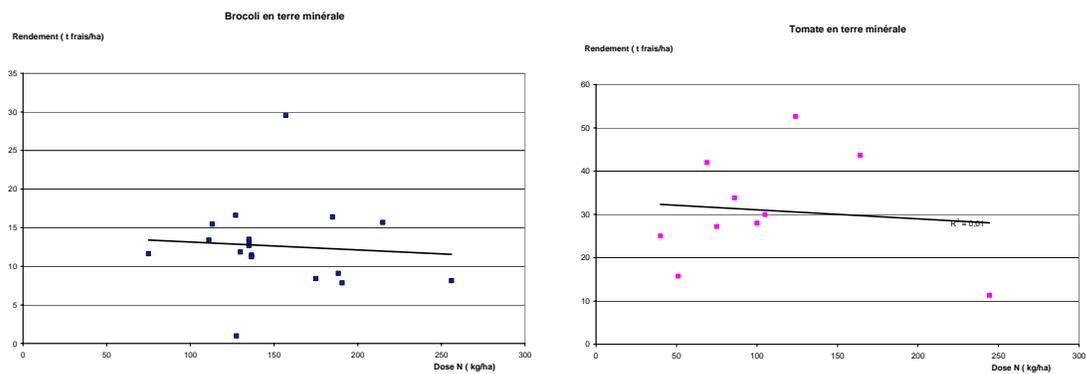


FIGURE 16 DOSE D'AZOTE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR LE BROCOLI ET LA TOMATE EN TERRE MINÉRALE

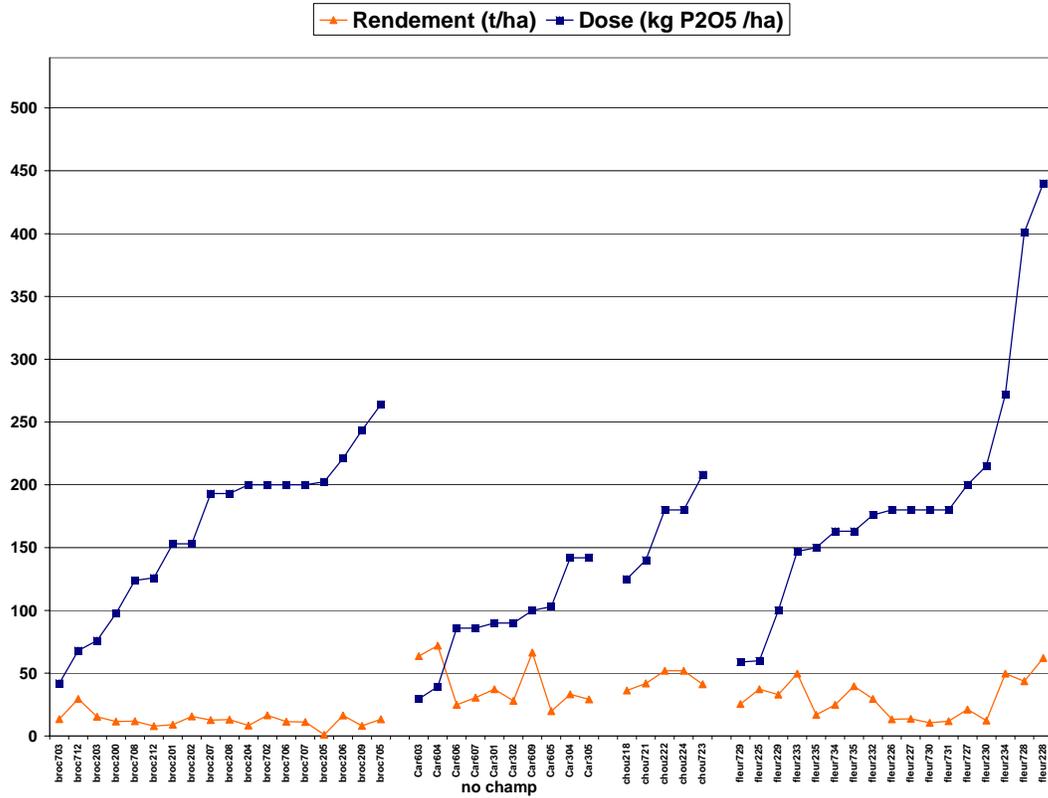


FIGURE 17 DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT CHAMP PAR CHAMP POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

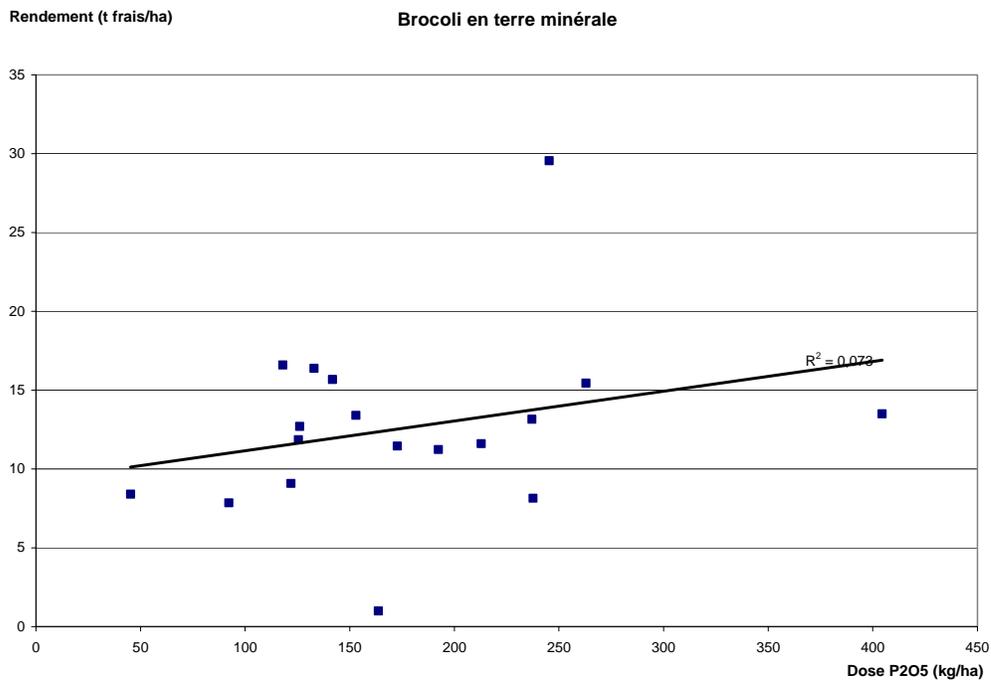


FIGURE 18 DOSE DE PHOSPHORE APPLIQUÉE EN RELATION AVEC LE RENDEMENT POUR LE BROCOLI EN TERRE MINÉRALE

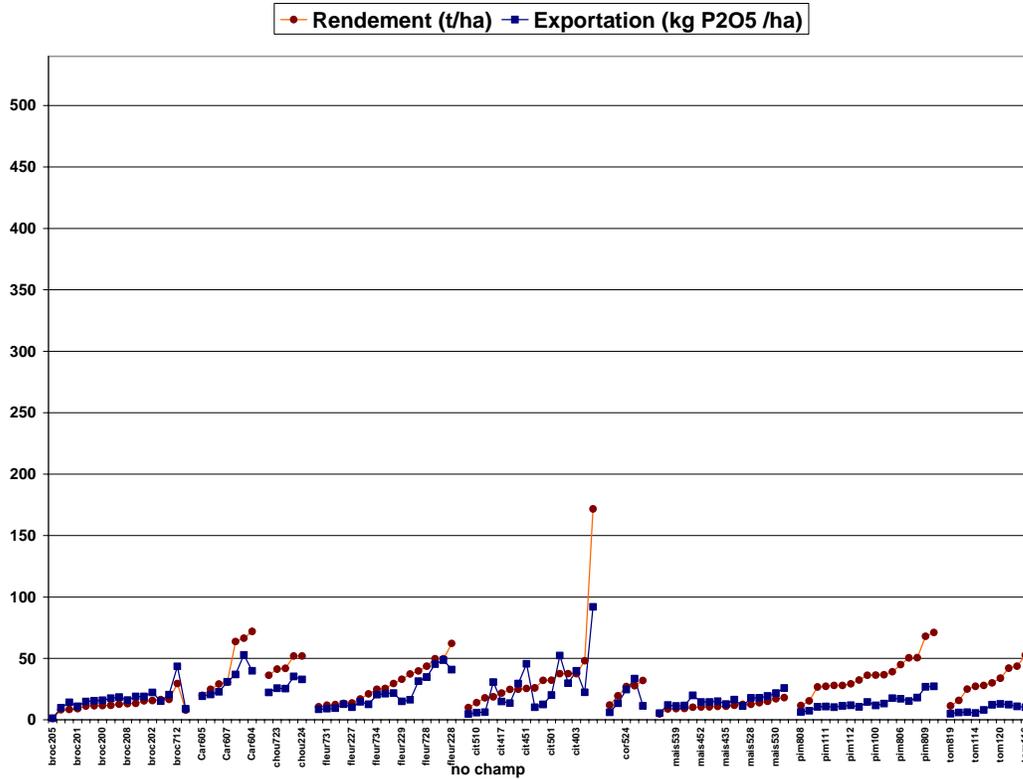


FIGURE 21 EXPORTATIONS EN PHOSPHORE DU CHAMP EN RELATION AVEC LE RENDEMENT POUR QUELQUES LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

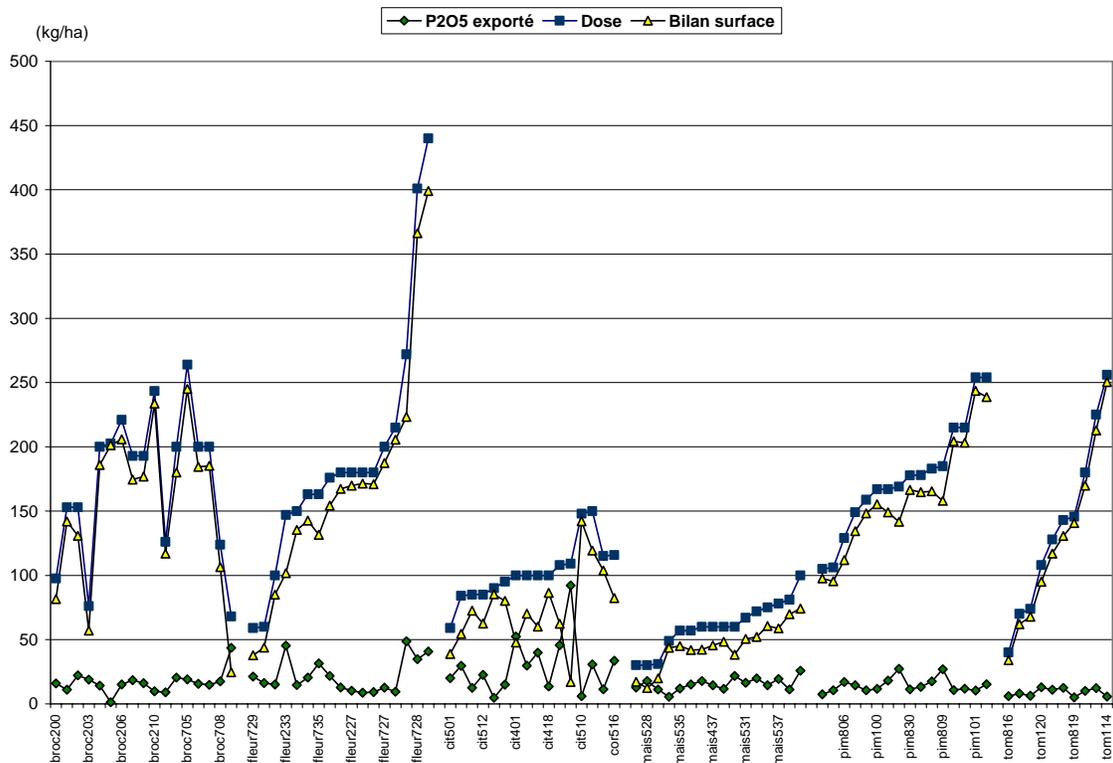


FIGURE 24 BILAN À LA SURFACE EN PHOSPHORE DE QUELQUES CHAMPS DE LÉGUMES EN TERRE MINÉRALE

ANNEXE 1

Liste des participants au projet (non nécessairement exhaustif)

Conseiller ou conseillère

Bergeron Charles
Bergeron Daniel
Bonneville Josée
Boulet Laure
Bourassa Caroline
Caron Lucie
Carrier Christine
Cossette Christiane
Ferland Pierrot
Forand Guy
Forget Steve
Froment Darquise
Gagnon Julie-Andrée
Gagnon Méliissa
Gagnon Myriam
Giguère Claudine
Giroux Denis
Gratton Marcel
Jobin Étienne
Juteau Mélodie
Leblanc Mario
Ledoux Geneviève
Leduc Clément
Lemay Jovette
Martin Yveline
Martineau Isabelle
Painchaud Jacques
Quesnel François
Robert Martine
Roy Danielle
Sullivan Patrick
Turmel Richard
Villeneuve Christine
Zerouala Larbi

Organisme

Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agro Protection des Laurentides inc
Agro-Production Lanaudière inc
Club agroenvironnemental en horticulture
Club agroenvironnemental Route 341 inc
Club conseil Dura-Club
Club conseil Profit-eau-sol
Club Data-sol
COGENOR
Corporation du Bassin Versant Ruisseau St-Esprit inc
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation du Québec

ANNEXE 2

Projet: Evaluation de la quantité de biomasse produite et d'éléments fertilisants prélevés et exportés du champ par les cultures horticoles			
Identification du conseiller			
Nom du ou de la conseiller(ère)			
Téléphone			
Télécopieur			
Courriel			
Identification de l'entreprise agricole			
Code du producteur			
Échantillonnage			
Sol			
No de l'échantillon			
Échantillonné selon le protocole			
Date de la prise d'échantillon			
Commentaires			
Plante			
No de l'échantillon de la récolte			
Échantillonné selon le protocole			
Date de la prise d'échantillon			
Commentaires			
Identification du champ			
Site			
No du champ (identification selon plan de ferme)			
Superficie (ha)			
Type de sol	Sable	Loam	Argile
Cocher			
Commentaires			
Description de la culture			
Culture			
Cultivar			
Date de semis ou plantation (année/mois/jour)			
Densité visée du semis ou de la plantation			
Espacement entre les rangs			
Espacement sur le rang			
Commentaires			
Évaluation de la biomasse de la récolte			
Date de la récolte (année/mois/jour)			
Début			
Fin			
Pourcentage de plants récoltés ou de la récolte totale			
Pourcentage de plants manquants			
Nombre de fruits laissés au champ			
Estimation du poids laissé au champ (kg/ha)			
Densité estimée à la récolte (plants/ha)			
Rendements	Kg/ha	Sac/ha	Boîte/ha
Cocher et/ou préciser			
Format de la boîte ou du sac			
Poids de la boîte ou du sac			
Poids moyen récolté par plant			

ANNEXE 3

Évaluation de l'impact de la fertilisation sur la quantité de nitrates résiduelle

Ce suivi a comme objectif d'évaluer dans quelle mesure la fertilisation utilisée par les producteurs maraîchers a un impact environnemental négatif. L'indicateur retenu est la quantité de nitrates résiduelle. Trois échantillons de sol par champ sont nécessaires. Pour évaluer la quantité résiduelle disponible pour la culture, il faut échantillonner les sols avant l'implantation de la culture et avant toute fertilisation. Ce résultat sera aussi utilisé pour le modèle de fertilisation azotée. Pour déterminer les reliquats disponibles à l'automne, un deuxième échantillon est nécessaire après la récolte, alors que la culture a cessé sa croissance ou juste avant qu'elle soit enfouie. Enfin, pour évaluer la quantité d'azote résiduelle disponible pour la culture suivante, un troisième échantillon sera prélevé au printemps suivant dans les mêmes conditions que le premier. Ce résultat sera aussi utilisé pour le modèle de fertilisation azotée. Voir l'annexe 4 pour le protocole d'échantillonnage.

Évaluation de la biomasse totale

Ce suivi a 2 objectifs :

- **Évaluation de la contribution de la culture à la fertilisation de la culture suivante**

Cette évaluation a 2 composantes : le poids total produit à l'hectare et la concentration des tissus en éléments minéraux. Généralement, il est plus important d'obtenir une meilleure idée du poids que de la concentration puisque des sources d'information sont disponibles pour la concentration. Voir l'annexe 4 pour le protocole d'échantillonnage de la biomasse totale.

- **Évaluation de la quantité d'éléments fertilisants exportés par la récolte**

Cette évaluation a aussi les mêmes composantes que l'objectif précédent. Dans ce cas, les 2 composantes sont tout aussi importantes. Cette information sera utile pour mesurer la fertilisation qui est nécessaire pour entretenir le niveau de fertilité des sols. Voir l'annexe 3 pour le protocole d'échantillonnage.

ANNEXE 4

PROTOCOLES D'ÉCHANTILLONNAGE

SOLS

Consulter la fiche du CRAAQ pour l'échantillonnage

Sommaire

1. Prélever de 10 à 12 sous-échantillons (de façon aléatoire) par champ à étudier;
2. Travailler par horizon de **0-30 cm**;
3. Enlever de chaque sous-échantillon 1 cm de sol correspondant à la surface du sol;
4. Homogénéiser les 10 à 12 sous-échantillons dans un seau de plastique;
5. Transférer environ 500 mL de sol dans un sac de plastique;
6. Apposer l'étiquette qui vous sera fournie pour identifier l'échantillon et remplir le formulaire de saisie correspondant;
7. Placer dans une glacière les sacs contenant les échantillons;
8. Transmettre les échantillons le plus rapidement possible au laboratoire d'Agriculture Canada à St-Jean-sur-Richelieu à l'attention de Nicolas Tremblay;
9. Congeler les échantillons si la chaîne de froid risque d'être rompue.

Échantillonnage des cultures

Analyse des tissus pour la biomasse totale et pour la biomasse exportée (récolte)

Obligatoire : brocoli, chou-fleur, cornichon, carotte, maïs sucré

Facultatif : chou, laitue, oignon, poivron, tomate

Ne pas faire : fraise, framboise

Estimer le plus précisément possible le nombre de plants à l'hectare. Prélever 10 à 15 plants au dessus du sol dans le champ (répartition au hasard dans le champ idem à un échantillon de sol). Peser les plants prélevés. Inscrire les informations sur le formulaire de saisie. Il est important que ces plants représentent l'ensemble du champ. Si une partie des plants n'est pas récoltée (la laitue ou le chou par exemple), estimer le plus précisément possible le pourcentage laissé au champ.

Pour composer un échantillon de 500 g à 1 kg, procéder de la façon suivante :

- ❖ Séparer les plants en plusieurs petites parties
- ❖ Mélangez l'ensemble et séparer l'ensemble par la méthode du quartier : divisez le lot en deux, reprenez ensuite cette moitié, redivisez en deux et ainsi de suite jusqu'à ce que vous obteniez un échantillon entre 500 et 1000 g.
- ❖ Apposer les étiquettes fournies pour identifier l'échantillon et remplir le formulaire de saisie avec les informations appropriées
- ❖ Placer dans une glacière
- ❖ Transmettre au laboratoire de l'IRDA à l'attention de Pierre Audesse, Complexe Scientifique Sainte-Foy
- ❖ La chaîne de froid doit être absolument respectée. Congeler l'échantillon si nécessaire.

CAROTTE

Protocole pour l'échantillonnage des carottes de terre minérale

(comprend : estimé de la biomasse des résidus (feuillage) laissés au champ, échantillonnage de la récolte (carottes) pour analyse et échantillonnage des résidus (feuilles de carottes) pour analyse)

1. Vérifier avec le producteur à quelle date il prévoit récolter son champ. Planifier votre échantillonnage environ 5 jours avant la récolte du champ. Vous assurer aussi de passer lorsque le feuillage est sec;
2. Vérifier l'espacement moyen entre les rangs. Pour ce faire, fixer l'extrémité du gallon au centre d'un rang, comptez 10 entre-rangs puis prendre la mesure. Cette mesure ne doit pas être prise là où il y a des passes d'arroseuses;
3. Sur 5 sites répartis au hasard dans le champ, compter le nombre de carottes sur 1 m de rang (utilisez un bâton de 1 m);
4. Couper les fanes de ces carottes au ras des collets et les recueillir dans un grand sac. Si des particules de sol adhèrent au feuillage, secouer au préalable de façon à ce le feuillage soit le plus propre possible. Placer les fanes des 5 sites dans le même sac. Cet échantillon servira à établir la biomasse des résidus;
5. En vous déplaçant au hasard dans le champ (même méthode que pour les échantillons de sol), récolter 25 carottes (apporter votre pelle). Évitez le plus possible de contaminer le feuillage avec la terre qui adhère aux racines;
6. Couper les feuilles (au ras des collets). Placer les feuilles et les racines dans des sacs séparés. Ces échantillons serviront pour les analyses minérales;
7. Apporter tous les échantillons au bureau le plus rapidement possible pour éviter qu'ils perdent trop d'eau;
8. Peser les fanes contenues dans le grand sac (pour établir la biomasse des résidus) puis les jeter;
9. Peser les fanes des 25 carottes (échantillon pour l'analyse);
10. À l'aide de ciseaux, couper les fanes de carottes en bouts d'environ un pouce et les placer dans un grand bol.
11. Mélanger soigneusement le tout puis recueillir environ 750 g (entre 500 g et 1 kg) de ce mélange dans un sac de plastique (pré-identifié : 000-résidus). N.B. : Le feuillage en bonne santé de 25 carottes pèse environ 1 kg).
12. Fermer le sac hermétiquement à l'aide d'une attache et le placer immédiatement au congélateur.
13. Laver les 25 carottes récoltées (échantillon pour l'analyse) en utilisant une brosse douce pour déloger les particules de sol. Essuyer le surplus d'eau; puis peser les carottes (pour établir un poids moyen).
14. Couper les carottes en rondelles minces et les placer dans un grand bol.
15. Mélanger soigneusement le tout puis recueillir environ 750 g (entre 500 g et 1 kg) de ce mélange dans un sac de plastique (déjà numéroté tel que convenu : 000-récolte).
16. Fermer le sac hermétiquement à l'aide d'une attache et le placer immédiatement au congélateur.
17. Acheminer ces échantillons (résidus et récolte) au laboratoire de l'IRDA à Ste-Foy sans briser la chaîne de froid.

Échantillonnage des carottes de terre minérale

No attribué au champ : _____

Date : _____

Espacement moyen entre les rangs : _____

Nombre de carottes sur 1 m :

Site	Carottes sur 1 m
#1	
#2	
#3	
#4	
#5	
MOYENNE	

Biomasse totale des fanes sur 5 sites : _____

Poids du feuillage des 25 carottes : _____

Poids des 25 carottes : _____

CITROUILLE

1. Échantillonner le champ à 3 endroits où la végétation est normale;
2. Utiliser une ficelle et un pivot (un clou de 12 po fonctionne bien) pour tracer la circonférence d'échantillonnage. La longueur de la ficelle dépend de la largeur entre les rangs : utiliser une ficelle qui a la même longueur que l'espacement entre le rang. (ex: la plupart des producteurs distance les rangs de 7.5 pi, par conséquent la ficelle a 7.5 pi). On s'assure ainsi que le cercle échantillonné touche à 2 rangs. Pour la citrouille, le cercle doit être plus grand que pour le cornichon à cause de la dispersion des fruits (il y a moins de 1 fruit au mètre carré mais il arrive que dans le même mètre carré il y en ait 3). Pour un rayon de 7.5 pi, la surface échantillonnée est de 176.7 pi carré ou environ 17 mètre carré.
3. Peser tous les fruits commercialisables du cercle. Pour cela, consulter le producteur. Utiliser une balance romaine et une poche à mais sucré dont un côté est décousu. Placer le fruit dans le sac et passer le crochet de la balance à travers les trous du sac pour soulever le fruit (Préférable d'être 2 personnes).
4. Mesurer la distance entre les plants sur le rang: à l'aide de la ficelle à partir du clou sur le rang, compter le nombre de plants de part et d'autre du clou sur la longueur de la ficelle à 3 endroits dans le champ. ensuite diviser la longueur mesurée par le nombre de plants (ex: avec ma ficelle de 7.5 pi., échantillonner 45 pi de rang (3 X 15 pi).

CORNICHON

(Échantillonnage visant à évaluer la biomasse des résidus de culture)

À EFFECTUER VERS LA FIN DE LA RÉCOLTE AVANT QU'IL Y AIT TROP DE FEUILLAGE QUI SÈCHE ET TOMBE.

1. Utiliser une corde de 103 cm pour délimiter un cercle autour d'un pivot, de couper et de ramasser toute la végétation à l'intérieur de ce cercle y compris les fruits rejetés sur le sol et le feuillage brisé et desséché. Après avoir enlevé les fruits commercialisables, peser cette végétation.
2. Faire 3 pesées à des endroits représentatifs du champ. Éviter les endroits mal développés ou dégarnis de façon anormale.
3. Faire la moyenne des trois pesées et multiplier par 1000 pour obtenir le poids à l'ha.
4. Compter le nombre de plants contenus dans les 3 échantillons en comptant le nombre de collets coupés, faire la moyenne et multiplier par 1000 pour avoir la population à l'ha. On peut aussi calculer l'espacement moyen entre les plants et les rangs selon la méthode traditionnelle.
5. Prendre un plant représentatif de la moyenne en terme de développement et de nombre de fruits rejeté. Il faudra probablement le laver et le laisser un peu sécher. Déchiqueter en morceaux d'environ 1 po , y compris les fruits rejetés, pour constituer un échantillon final entre 500 g et 1 kg. Si un plant ne suffit pas à faire 500 g, en couper un autre complet. L'échantillon doit ensuite être placé au congélateur.
6. Demander au producteur les rendements obtenus dans le champ à la fin de la récolte.
7. La récolte est analysée par le responsable : il n'y a pas d'échantillon de récolte à faire.

MAÏS SUCRÉ

1. Arracher entre 10 et 15 plants répartis dans le champ. Les arracher plutôt que les couper car c'est plus facile de garder les drageons attachés au plants de cette façon.
2. Séparer les épis commerciaux des plants. Laisser les épis non commercialisables attachés au plant comme le producteur le fait.
3. Couper les racines à la hauteur du collet.
4. Placer les plants, qui représente les résidus, dans des sacs et peser. Noter le nombre de plants et le poids.

Échantillonnage pour analyse des résidus

1. Choisir un plant représentatif avec un nombre de drageons et de petits épis rejetés qui représente la moyenne.
2. Le hacher en tranches de ½ à 1 po et le placer dans un grand sac à congélation.
3. Utiliser des sacs à congélation de préférence aux autres (plus solide et hermétique).
4. L'échantillon doit peser entre 500 g et 1 kg. : pour le hachage, utiliser un vieux hachoir à tabac ou un bon couteau bien aiguisé

Échantillonnage pour analyse de la récolte

1. Hacher 2-3 épis de la même façon et mettre dans un sac à congélateur.
2. Établir la population échantillonnée.
3. Compter le nombre de plants sur 17 pieds- 5 po. à 3 endroits dans le champ . Faire la moyenne du nombre de plants et multiplier par 1000 (ex: mes 3 relevés sont 24-21 et 25. La moyenne est $70/3=23.33 \times 1000= 23,330$ plants / acre)
4. Établir ee rendement avec l'aide du producteur (ex : nombre de poches récoltées sur un nombre de rangs ; ne pas oublier de vérifier la superficie correspondant à ce nombre de rangs).
5. Peser 5-6 poches au hasard et établir le poids moyen par poche.

POIVRON, TOMATE

Échantillonnage pour évaluer la biomasse de la récolte.

1. Prélever un échantillon une fois vers la mi-récolte.
2. S'assurer de prélever des poivrons ou tomates qui corespondent au stade de mûrissement récolté par le producteur. Idéalement passer juste avant une cueillette.
3. Cueillir 15 poivrons et tomates au hasard dans le champ.
4. Nettoyer les avec un linge humide. Couper chaque légume en 2 . Hacher toutes les moitiés de légumes en morceaux de 1 po. Mélanger tous les cubes et prélever environ 750 g.
5. Placer ce 750 g dans un sac de congélation bien identifié et placer au congélateur jusqu'à l'envoi à M. Pierre Audesse de l'IRDA

Échantillonnage pour évaluer le rendement

1. Prendre à la fin des récoltes le nombre de boîte indiquée par le producteur dans le champ échantillonné (poivron : boîtes de 25 lb et tomate : boîte de 20 lb).