

Description statistique des propriétés chimiques des sols minéraux du Québec



Description statistique des propriétés chimiques des sols minéraux du Québec

Pierre Beudet, MAPAQ
Michèle Grenier, IRDA
Marcel Giroux, IRDA
Vincent Girard, IRDA

TABLE DES MATIÈRES

<i>Objectifs de l'étude</i> _____	1
<i>Caractéristiques des sols</i> _____	2
<i>Difficultés rencontrées</i> _____	4
Variabilité spatiale	4
Fréquence d'échantillonnage des sols.....	4
Modifications temporelles	5
Modification des responsabilités administratives	5
Modifications des pratiques d'échantillonnage.....	6
<i>Comparaison de différentes sources d'information</i> _____	6
<i>Description statistique des informations fournies</i> _____	10
Niveau de fertilité en phosphore pour la province et les régions administratives du Québec.....	11
Pourcentage de saturation en phosphore pour la province et les régions administratives	18
Autres caractéristiques chimiques pour la province et les régions administratives	22
<i>Caractéristiques chimiques pour les municipalités régionales de comté (MRC) et les municipalités</i> _____	27
<i>Conclusion</i>	28
<i>Annexe 1 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols (kg/ha) en phosphore pour la province et les diverses régions administratives du Québec</i>	29
<i>Annexe 2 Distribution annuelle par classe de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la province et pour les diverses régions administratives du Québec</i> _____	48
<i>Annexe 3 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la province et les diverses régions administratives du Québec</i>	67
<i>Annexe 4 Distribution annuelle des observations par classe de pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la province et les diverses régions administratives du Québec</i> _____	86

Objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude sont d'établir les caractéristiques chimiques des sols minéraux du Québec pour la plupart des paramètres analysés par les laboratoires à l'aide des résultats d'analyses de sols¹ réalisées par ces laboratoires. L'élément chimique phosphore est cependant ciblé de façon plus particulière puisque :

- Cet élément est considéré comme un élément pouvant détériorer la qualité des cours d'eau
- Le contenu de cet élément dans le sol peut influencer la quantité d'engrais de ferme qu'une entreprise peut disposer sur ses terres et
- Le risque environnemental augmente lorsqu'une trop grande superficie de sols dépasse des niveaux excessifs.

Par conséquent, bien que des descriptions statistiques pour tous les paramètres soient fournies, ce rapport se concentre surtout sur le niveau de fertilité et le pourcentage de saturation des sols en phosphore.

Les données d'analyses proviennent des résultats de laboratoire du MAPAQ pour 1995 et 1996 et du laboratoire d'AgriDirect inc. pour les années 1998 à 2001. Plusieurs laboratoires effectuent des analyses de sols. On estime que le laboratoire d'AgriDirect inc effectue de 40 à 50 % du total des analyses des sols du Québec.

¹ Cette étude porte exclusivement sur les sols minéraux prélevés dans la couche arable sur une profondeur de 20 cm environ.

Caractéristiques des sols

Le sol agricole est la partie de la couche superficielle de l'écorce terrestre qui, grâce à sa structure meuble et sa composition physico-chimique, est en mesure d'assurer un développement normal des végétaux cultivés. Selon leur nature héritée des matériaux originels aux dépens desquels ils se sont développés (désagrégation physique ou fragmentation de la roche ; altération chimique ou transformation des minéraux de la roche), les sols présentent différentes propriétés physiques et chimiques jouant un rôle sur le devenir des amendements et des fertilisants, les risques de lessivage et de ruissellement.

Les études pédologiques visent à acquérir la connaissance des sols, de leurs propriétés physiques et chimiques et de la teneur en matière organique. Elles retracent l'histoire du sol et tentent de prévoir son devenir.

Tout sol possède une fraction solide (minérale et organique), liquide (éléments en solution ou suspension) et gazeuse (air, gaz de décomposition organique, etc). Pour en déterminer les caractéristiques, il faut en faire une étude physique en classant les constituants minéraux du sol d'après leur grosseur, en déterminer le pourcentage composant la fraction solide (argile, limon et sable) et en évaluer le contenu en matière organique.

Les principales caractéristiques du sol sont définies par la texture et la structure. La texture se mesure par l'analyse granulométrique de la fraction solide (pouvant être réalisée par un laboratoire) et s'apprécie au toucher.

Elle s'exprime par un classement du sol sous l'un des vocables du « Triangle des textures² ». La structure du sol est le mode d'assemblage, à un moment donné, de ses constituants solides. C'est un état qui peut évoluer dans le temps.

La fertilité d'un sol est la résultante des propriétés physiques, chimiques et biologiques de ce sol. La présente étude se limitera à présenter certaines caractéristiques chimiques des sols telles que définies par des méthodes d'extraction de laboratoire réputées pour décrire adéquatement un état de fertilité. C'est l'extractif appelé « Mehlich₃ » qui est généralement utilisé dans les laboratoires du Québec³.

Par exemple, pour le phosphore, le résultat obtenu par le laboratoire indique la facilité relative de retrouver cet élément dans la solution du sol (fraction liquide) et qui est simulé par l'extractif. Ce résultat est calibré selon une grille de réponse des cultures à cet état. Une dose est alors recommandée en fonction de cet état et de la culture (voir le tableau 1). Ce résultat ne fournit pas la quantité totale de phosphore qu'on retrouve dans le sol analysé mais une partie seulement (voir la figure 1).

² CRAAQ. 2003. Guide de référence en fertilisation. 1^{ère} édition. Figure 2.3. p. 11.

³ Tran, Thi Sen et Giroux, Marcel. 1989. Évaluation de la méthode Melich₃ pour déterminer les éléments nutritifs (P, K, Ca, Mg, Na) des sols du Québec. Agrosol, Vol.2 no 1 (27-33).

Tableau 1 Grille de fertilisation en phosphore de l'orge selon le résultat d'analyse de sol

Niveau de fertilité	Analyse de phosphore	Recommandation
	(kg P _{melich3} /ha)	(kg P ₂ O ₅ / ha)
Pauvre -	0-30	80
Pauvre +	31-60	65
Moyen -	61-90	45
Moyen +	91-120	35
Bon	121-150	30
Riche	151-250	0-20
Excessivement riche	251 et +	0

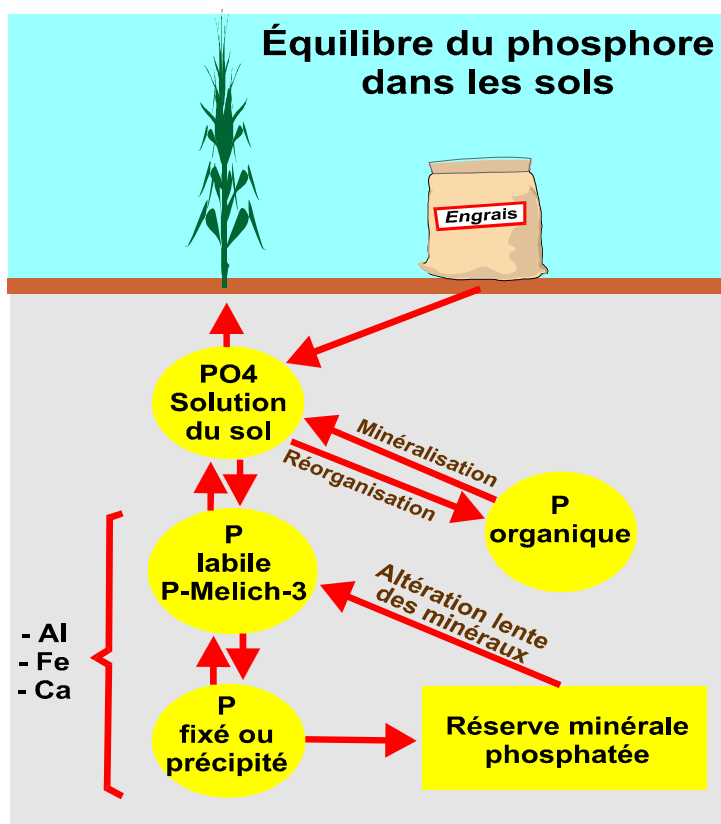


Figure 1 Illustration simplifiée des différentes formes de phosphore retrouvé dans un sol en relation avec le résultat d'analyses de sol (source M. Giroux)

Difficultés rencontrées

Variabilité spatiale

La variabilité spatiale d'un élément chimique donné peut être très importante. On a pu le constater à maintes occasions dans l'implantation de l'agriculture de précision. Par exemple, un projet mené par Nolin⁴ a démontré que le contenu du phosphore (Mehlich₃) variaient de 15 à 403 kg P ha⁻¹ pour un champ donné, classant les sols de « pauvres à excessivement riches » selon les classes de fertilité du tableau 1. Cantin⁵ a aussi démontré que sur une même ferme, dans un processus d'acquisition de connaissances de fertilité des sols, il fallait utiliser avec jugement les résultats d'analyses de sol prises individuellement car si les conditions de prélèvement sont différentes, le résultat de l'analyse peut aussi être modifié. De même, la répétitivité du résultat de l'analyse n'est pas parfaite. C'est pourquoi, il recommandait de respecter un bon programme de prélèvement des échantillons, de conserver un registre des analyses d'un champ donné et demeurer fidèle autant que possible au même laboratoire si le laboratoire garantit un bon contrôle de qualité. En gardant à l'esprit la limite de l'outil de diagnostic qu'est l'analyse de sol et même si on ne dispose pas de toutes les variables disponibles à l'échelle de la ferme (série de sol, superficie en culture que représente l'échantillon transmis au laboratoire, année où le dernier résultat d'analyse a été obtenu, culture pratiquée, etc), un grand nombre d'observations devrait

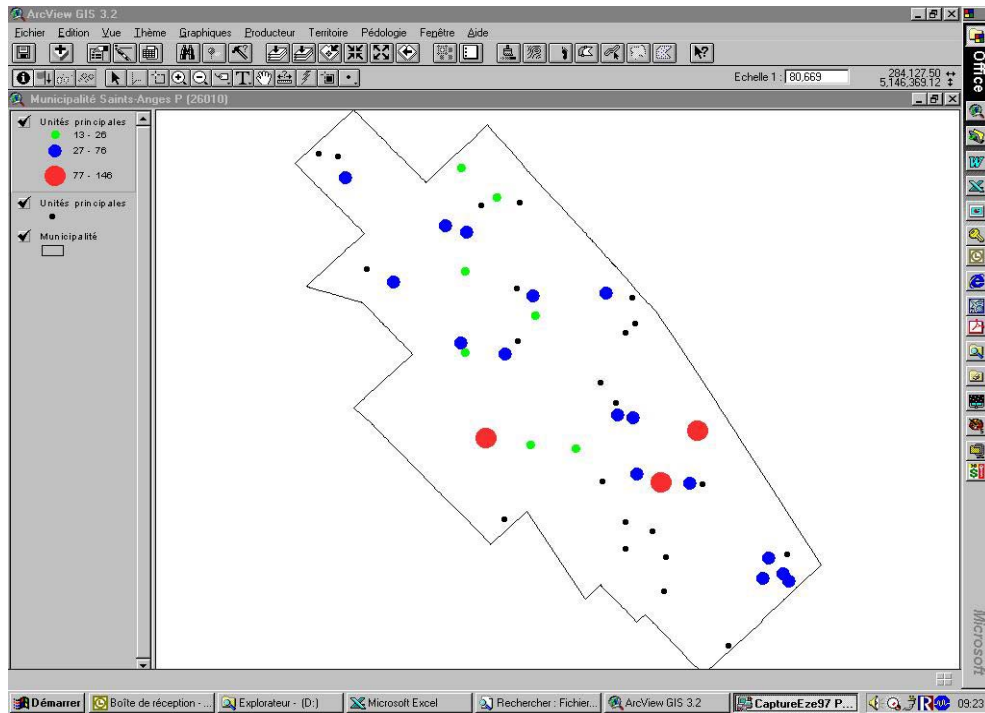
fournir une bonne indication de l'état de fertilité des sols.

Fréquence d'échantillonnage des sols

Il est exceptionnel qu'une entreprise agricole procède à l'échantillonnage de ses sols sur toute la superficie dans une même année. Dépendamment des cultures, de son programme de rotation, cet échantillonnage s'étendra normalement sur une période de 3 à 5 ans. De plus, il est normal qu'une assez grande étendue de fertilité soit retrouvée sur une superficie agricole pour diverses raisons : propriétés physiques et chimiques des sols différentes, gestion différente des sols et des cultures. La base de données dont on dispose ne permet pas d'établir quelle est exactement la superficie de sol qui est échantillonnée ni à quelle superficie de champ correspond un échantillon. Toutefois, la figure 2 illustre une situation qu'on peut retrouver assez fréquemment: On voit qu'une partie seulement des entreprises agricoles ont procédé à l'échantillonnage de leurs sols et que celles-ci n'ont pas toutes le même nombre d'échantillons. Par conséquent, les résultats d'une année donnée correspondent à l'état de fertilité des sols échantillonnés de cette année. En regroupant les observations de plusieurs années, il y a un risque de biaiser la description, en ne les regroupant pas, le même risque existe aussi. Malgré tout, que la surface échantillonnée d'une entreprise s'établisse sur 2, 3, 5 ou même 7 ans, que les entreprises ne procèdent pas toutes en même temps ou selon le même plan d'échantillonnage, les probabilités que la surface échantillonnée représente l'ensemble de la surface sont quand même bonnes si on dispose d'un grand nombre d'observations.

⁴ Nolin, M.C. et M-L. Leclerc. 2003. Variabilité spatiale intraparcellaire de quelques propriétés associées au degré de saturation des sols en P en horticulture. AQSSS.

⁵ Cantin, J. 2002. Les outils actuels de mesure du phosphore à la ferme. Colloque sur le phosphore du 6 novembre 2002 de l'Ordre des agronomes du Québec.



Note : Les points peu en importe la dimension représentent les entreprises, les points dont le diamètre est plus important signifient que ces entreprises ont transmis des échantillons. Plus le diamètre est grand, plus elles ont transmis d'échantillons.

Figure 2 Exemple d'une situation possible d'échantillonnage d'une région

Pour composer avec le risque de surévaluer ou sousévaluer l'état des sols, on a regroupé les années de résultats compilés jusqu'à maintenant tout en présentant chaque année individuellement. On peut dès lors en constater l'instabilité ou la stabilité. En effet, si par exemple on retient l'état de fertilité en phosphore, il serait étonnant d'en remarquer une évolution notable sur un si petit nombre d'années. Par conséquent, la moyenne ou la fréquence par classe de fertilité devrait être relativement stable si l'échantillonnage (le nombre d'observations dont on dispose) est satisfaisant.

Modifications temporelles

Modification des responsabilités administratives

Deux autres éléments doivent être pris en compte dans la fréquence d'échantillonnage ; soit les changements de responsabilité au point de vue des analyses de sols ainsi que le contexte réglementaire. En 1996, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) a fermé ses laboratoires d'analyses de sol. Le secteur privé a alors pris la relève. Plusieurs laboratoires œuvrent maintenant dans ce domaine. Bien que les techniques d'analyse soient en théorie semblables et correctement effectuées, on peut quand même constater des différences d'un laboratoire à un autre.

Cantin⁶ illustre bien cette possibilité. Cette remarque est moins pertinente lorsqu'on dispose d'un grand nombre d'observations mais on doit tout de même la garder à l'esprit.

Cette étude repose essentiellement sur les résultats d'analyses de sol d'AgriDirect inc. Il n'y a pas de processus d'acquisition de données des autres laboratoires. Le tableau 2 nous indique cependant que le pourcentage des observations obtenues colle bien avec le pourcentage de la superficie agricole par région.

Le sommaire présenté par MRC et municipalités sur le site web fournit aussi une indication de la représentativité des échantillons en indiquant les MRC et municipalités dont le nombre d'observations semblent être sur ou sous représentés. Par exemple, si on se retrouve avec 500 observations dans une municipalité alors que la superficie agricole de cette municipalité est de 500 hectares, il est probable que cette municipalité est surreprésentée et que des observations y sont attribuées par erreur.

Modifications des pratiques d'échantillonnage

En 1997, le ministère de l'Environnement du Québec a aussi réglementé le champ de la fertilisation obligeant un grand nombre d'entreprises agricoles à échantillonner leurs sols. Il est donc normal que le nombre d'échantillons ait augmenté au cours des années. Mais comme le règlement ciblait les entreprises les plus importantes et certaines régions, il est aussi possible qu'un biais sur la représentativité spatiale des échantillons et de l'état de fertilité des sols ait été temporairement causé. À ce propos, le tableau 2 indique un pourcentage légèrement plus élevé pour les régions de

Chaudière-Appalaches, Lanaudière et Montérégie-secteur est. pouvant indiquer un biais possible. De plus, quant à l'état de fertilité des sols, comme le règlement ciblait d'abord les entreprises disposant d'un stock plus important d'engrais de ferme, il est aussi possible que les sols dont ces entreprises disposaient aient été gérés différemment, que la fertilité de ces sols soit plus élevée et que ces mêmes sols aient été plus échantillonnés que les autres. Toutefois, si de tels biais existent, ils seront éliminés lorsque l'ensemble des plans de fertilisation prévus seront réalisés.

Comparaison de différentes sources d'information

Pour améliorer le degré de confiance de ces informations ou pour en estimer les limites, les informations tirées de la base de données de cette étude ont été comparées à des sources d'information indépendantes ou fournissant des informations plus complètes. Par exemple, les plans de fertilisation agroenvironnementaux exigent une évaluation du niveau de fertilité en phosphore de tous les champs d'une entreprise. Les données d'un certain nombre de ces plans ont été compilées et comparées à la base de données. Toutefois, à l'exception des plans du sous-bassin, ils ne regroupaient pas l'ensemble des entreprises agricoles de ces municipalités. Par conséquent, l'état de fertilité d'une partie seulement de la surface agricole était fourni. Les données de ces plans ont aussi permis de vérifier si la moyenne sans égard à la superficie du champ que l'échantillon représente différait de la moyenne pondérée en fonction de cette superficie.

Tout d'abord, dans le tableau 2, on constate que la proportion relative du nombre d'analyses provenant de chaque région administrative du Québec par rapport à l'ensemble des analyses effectuées est semblable à celle des superficies relatives

⁶ Cantin, J. 2002. Les outils actuels de mesure du phosphore à la ferme. Colloque sur le phosphore du 6 novembre 2002 de l'Ordre des agronomes du Québec.

de chacune de ces régions par rapport au total des superficies en culture. Il ne semble donc pas y avoir de biais statistique à ce niveau.

Les analyses de sols compilées des plans de fertilisation d'un regroupement d'entreprises agricoles de 3 municipalités différentes, d'une MRC ainsi que celles d'un regroupement d'entreprises provenant d'un sous-bassin ont aussi été comparées à celles provenant de la base de données utilisée pour la présente étude. Pour les 3 municipalités visées, les plans de fertilisation proviennent d'un bon nombre des entreprises de ces municipalités. Pour la MRC, les plans de fertilisation proviennent d'un nombre restreint seulement mais la surface couverte et le nombre d'observations sont assez importants. Pour le sous-bassin, toute la superficie a été échantillonnée. Toutefois, la surface du sous-bassin a été plutôt comparée avec la surface des municipalités comprises principalement dans ce sous-bassin.

Le tableau 3 permet de comparer les moyennes et médianes obtenues par le regroupement des plans et les observations obtenues de la présente étude. On constate que les moyennes peuvent différer sensiblement selon la municipalité mais que lorsqu'on les regroupe plutôt par classe de fertilité en phosphore dans le tableau 5, que ce soit pour la moyenne ou la médiane, l'estimation demeure quand même bonne. Par ailleurs, selon le tableau 4, à l'exception de la municipalité 3, les valeurs se retrouvent dans l'intervalle de confiance évalué par l'étude.

Quant au tableau 6, il nous permet de mieux visualiser la fréquence des observations. Par exemple, si on veut estimer le pourcentage de sols à risque et qu'on détermine que ce sont les sols dont le pourcentage de saturation dépasse 10 %, le tableau 7 nous indique que peu importe la source d'information utilisée, une partie des sols seulement ont atteint ce niveau. Par contre, peu importe la source, on semble

constater les mêmes tendances, les municipalités se positionnant au même rang. En examinant soigneusement les différentes figures (distribution et fréquence, globale et annuelle), on peut estimer adéquatement le phénomène et discriminer les régions les plus à risque de celles qui le sont moins. En comparant la distribution annuelle de la région du Bas St-Laurent (figure 6, page 29) à celle de la Montérégie secteur est (figure 22, page 44), on constate immédiatement une différence importante. Il est évident que, dans cette dernière région, la majorité des valeurs se retrouvent dans une classe de fertilité supérieure. En comparant cette fois-ci les 2 régions sur la base de pourcentage du nombre d'observations par classe de phosphore, on constate clairement que les sols très riches (figure 26, page 48) se retrouvent en bien moins grande proportion dans la région du Bas Saint-Laurent que dans celle de la Montérégie secteur est (figure 41, page 63). Ces figures viennent alors compléter les informations fournies dans le tableau 8 et mieux en préciser les limites.

Par ailleurs, ces mêmes figures vont aussi décrire de façon plus complète les informations du tableau 8 en indiquant le nombre d'observations et le comportement annuel. Ainsi, pour une région avec peu d'observations (Montréal, Côte Nord, Laval), on constatera qu'il n'y a aucune observation pour une année donnée ou qu'encore la distribution varie sensiblement d'une année à une autre laissant croire qu'il peut y avoir un problème de représentativité à l'échelle de cette région. Une telle analyse devrait alors inciter le lecteur à exercer une plus grande prudence sur l'utilisation des résultats. Plus la zone retenue sera petite, par exemple une municipalité, plus grande est la probabilité de retrouver cette situation. Malgré cette limite, l'information pourra malgré tout permettre une bonne estimation d'une situation donnée.

Tableau 2 Comparaison du nombre d'observations d'analyses de sol avec la superficie en culture par région administrative

No de la région	Région administrative	Observations d'analyses de sols				Superficie en culture	
		Nombre 1995-2001	Nombre 2001	Pourcentage 1995-2001	Pourcentage 2001	Ha	Pourcentage
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	3 059	9.6%	9.3%	194 134	9.0%
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	1 235	4.8%	3.8%	131 658	6.1%
3	Capitale-Nationale	4 568	1 324	4.1%	4.0%	66 204	3.1%
4	Mauricie	3 768	1 044	3.4%	3.2%	87 248	4.1%
5	Estrie	7 481	2 239	6.8%	6.8%	153 272	7.1%
6	Montréal	446	49	0.4%			
7	Outaouais	4 120	1 706	3.7%	5.2%	95 026	4.4%
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	895	3.3%	2.7%	108 773	5.1%
9	Côte-Nord	440	15	0.4%	0.0%	4 655	0.2%
10	Nord-du-Québec	21		0.0%			
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	211	1.2%	0.6%	22 990	1.1%
12	Chaudière-Appalaches	17 650	3 562	15.9%	10.9%	264 631	12.3%
13	Laval	159	57	0.1%			
14	Lanaudière	7 626	2 558	6.9%	7.8%	113 986	5.3%
15	Laurentides	3 791	819	3.4%	2.5%	76 355	3.6%
16	Montérégie-Est	17 065	6 394	15.4%	19.5%	306 442	14.3%
17	Centre-du-Québec	15 019	5 536	13.6%	16.9%	261 859	12.2%
18	Montérégie-Ouest	7 468	2 024	6.7%	6.2%	259 594	12.1%
	Province	110 664	32 727	100%	100%	2 146 827	100%

Tableau 3 Comparaison de la moyenne et de la moyenne pondérée des analyses de sols compilées de plans de fertilisation

Région	Nombre d'observations	Moyenne	Moyenne pondérée selon surface
Municipalité 1	96	156	152
Municipalité 2	75	194	196
Municipalité 3	494	221	217
MRC 1	706	129	137
Sous-bassin	276	181	197

Tableau 4 Comparaison des niveaux de fertilité de différentes sources de données selon la zone retenue

	Niveau de fertilité en phosphore (kg/ha)									
	Municipalité 1		Municipalité 2		Municipalité 3		MRC 1		Sous-bassin	
	Plans	Étude	Plans	Étude	Plans	Étude	Plans	Étude	Plans	Étude
Moyenne	Moyen +	Moyen +	Moyen +	Bon	Bon	Riche	Moyen -	Moyen -	Moyen +	Moyen +
Moyenne pondérée selon surface	Moyen +		Moyen +		Bon		Moyen -		Moyen +	
Médiane	Moyen -	Moyen -	Moyen +	Moyen +	Moyen +	Bon	Pauvre +	Pauvre +	Moyen +	Moyen -

Tableau 5 Comparaison de la moyenne des analyses de sols compilées des plans de fertilisation à l'intervalle de confiance évalué par l'étude statistique

Année	Plans		Étude				
	Nombre d'observations	Moyenne	Nombre d'observations	Moyenne	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure
Municipalité 1							
1995-2001	96	156	119	175	11	152	197
Municipalité 2							
1995-2001	75	194	97	238	22	193	282
Municipalité 3							
1995-2001	494	221	159	273	15	243	304
MRC 1							
1995-2001	706	129	530	123	6	112	134

Tableau 6 Comparaison des classes de saturation des sols en phosphore selon la zone retenue

Saturation en phosphore (%)	Municipalité 1		Municipalité 2		Municipalité 3		MRC 1		Sous-bassin	
	Plans	Étude	Plans	Étude	Plans	Étude	Plans	Étude	Plans	Étude
0 à < 2.5	16.7	23.7	2.7	9.4	22.7	24.4	35.3	30.6	10.5	14.9
2.5 à < 5	27.1	11.3	16.0	14.5	26.9	22.7	33.6	31.9	10.9	25.1
5 à < 10	33.3	24.7	50.7	28.9	31.2	26.9	22.6	26.6	47.8	33.8
10 à < 20	13.5	29.9	28.0	35.8	17.6	25.2	6.8	8.5	23.6	18.1
20 et +	9.4	10.3	2.7	11.3	1.6	0.8	1.7	2.4	7.2	8.0
10 et +	22.9	40.2	30.7	47.2	19.2	26.0	8.5	10.9	30.8	26.1
Différence		17.3		16.5		6.8		2.4		-4.7

Le nombre d'observations obtenu influence probablement la fiabilité des résultats. L'étude illustre d'ailleurs une évaluation de cette information en présentant l'écart-type sur les observations et l'erreur-type sur la moyenne ainsi que les limites inférieures et supérieures de la moyenne, à la fois globale (de 1995 à 2001) et pour chacune des années. De plus, la fréquence et la distribution des observations (box plot) sont aussi fournies pour mieux décrire les statistiques de chacune des caractéristiques chimiques. Pour mieux apprécier la validité de l'information et en connaître la limite, il est alors préférable de consulter l'ensemble des descriptions statistiques de la zone retenue (région, MRC ou municipalité).

Description statistique des informations fournies⁷

L'écart-type est une mesure de la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Il n'est pas surprenant de retrouver un écart-type élevé. La distribution annuelle des observations des figures présentées dans les annexes 1 et 3 (box-plot) l'illustre très bien. On constate que l'étendue des valeurs est très grande. Décrire chimiquement un sol ne se compare pas à l'analyse chimique d'un poivron. Pour ce dernier, sa constitution chimique est telle que la fourchette de valeurs est beaucoup plus étroite. C'est pourquoi, l'erreur-type sur la moyenne est fournie ainsi que les limites inférieures et supérieures construites à partir de celle-ci.

⁷ Voir l'annexe 5 pour une description plus complète des valeurs statistiques

L'erreur-type sur la moyenne est la variation que l'on observerait si l'on tirait plusieurs échantillons et qu'on en calculait la moyenne de chacun.

L'intervalle de confiance à 100 (1- α)% pour la moyenne a la propriété que si l'on répète l'échantillonnage un grand nombre de fois, une proportion de 100 (1- α)% des intervalles calculés par cette méthode contiendront la vraie moyenne de la population.

Par exemple, supposons que la moyenne estimée de la quantité de phosphore est 153 kg/ha et que l'intervalle de confiance à 95% (100 (1-0.05)%) a pour limite inférieure 150 kg/ha et limite supérieure 156 kg/ha. On dit alors qu'on est confiant à 95% que la vraie valeur de la moyenne se situe dans cet intervalle et que cette estimation est précise à 2% = $100\%(156-153)/153$.

Quant aux valeurs médianes et percentiles, elles permettent de mieux visualiser où se retrouvent le centre des valeurs et d'évaluer si la distribution est symétrique autour de la moyenne. La médiane de l'échantillon a la propriété d'avoir la moitié des observations qui lui sont supérieures et la moitié qui lui sont inférieures. Si la distribution est symétrique autour de sa moyenne, la médiane et la moyenne coïncident. Les figures des annexes 1 et 3 présentent alors la distribution et l'étendue des valeurs et les valeurs percentiles illustrées par la boîte où on retrouve la grande partie des valeurs.

Le 25^e percentile de la distribution est la valeur telle que 25% des observations lui sont inférieures. Le 75^e percentile de la distribution est la valeur telle que 75% des observations lui sont inférieures. La distribution annuelle des observations (box-plot) des figures des annexes 1 et

3 représente donc la distance entre le 25^e percentile et le 75^e percentile de l'échantillon. La ligne horizontale à l'intérieur de la boîte représente la médiane et le « + » la moyenne. Les lignes verticales de chaque côté de la boîte s'étendent jusqu'aux valeurs minimum et maximum de l'échantillon.

Le tableau 8 et les tableaux 10 à 17 permettent de relativiser les informations entre les régions, les figures de l'annexe 1 (figures 5 à 23) et de l'annexe 3 (figures 43 à 61) de visualiser l'étendue de la distribution et à quel endroit on retrouve la moyenne et la médiane et les figures de l'annexe 2 (figures 24 à 42) et de l'annexe 4 (figures 62 à 80) de visualiser la distribution par classe de fertilité. Par exemple, le tableau 8 indique que la moyenne de la région de Lanaudière est plus élevée que celle de la « Montérégie secteur est » mais que la médiane est toutefois moins élevée. Il indique aussi que la distribution annuelle se comporte différemment selon les années pour la région de Lanaudière et que le nombre d'observations par année par classe est moins stable.

Seuls les sols minéraux font l'objet d'une interprétation statistique. Par conséquent, seuls les sols dont le contenu en matière organique est inférieur à 20 % ont été retenus. On entend aussi par sols minéraux, la proportion de sol arable comprise dans les premiers 20 centimètres. Un certain nombre de critères ont aussi été appliqués pour rejeter des résultats aberrants. Voir le tableau 7.

Les classes retenues par paramètre sont les plus communément utilisées soit celles du Guide de référence en fertilisation du CRAAQ. Comme les classes de fertilité peuvent différer selon les cultures, pour les fins de l'étude, on a retenu les classes de fertilité des grilles de fertilisation des grandes cultures du CRAAQ.

Tableau 7 Critères utilisés pour discriminer les résultats d'analyses

Paramètre chimique	minimum	maximum
PH	4.5	8.5
PH tampon	4.5	7.5
Phosphore (P)	0	1500
Potassium (k)	0	1500
Aluminium (Al)	300	2500
Magnésium (Mg)	0	10000
CEC estimé en meg/100g	0	45
P/Al	0	100

Niveau de fertilité en phosphore pour la province et les régions administratives du Québec

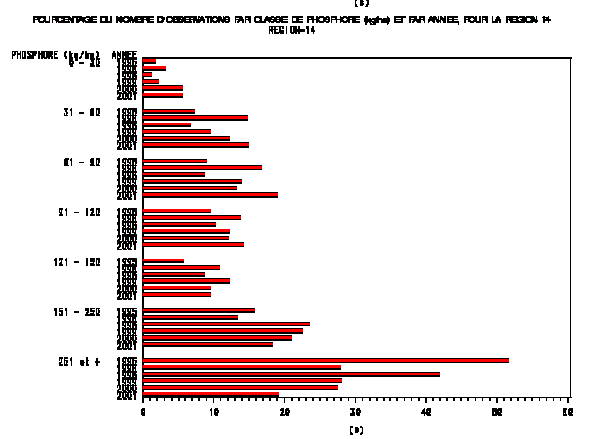
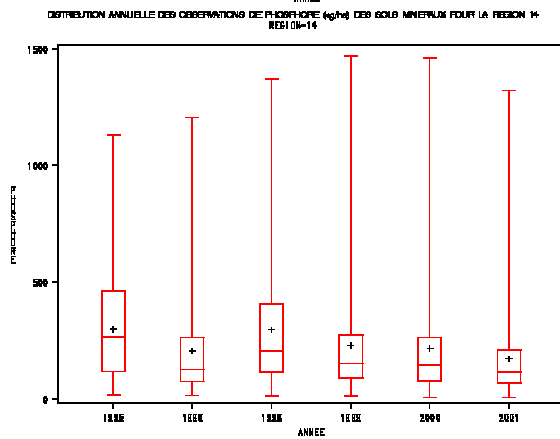
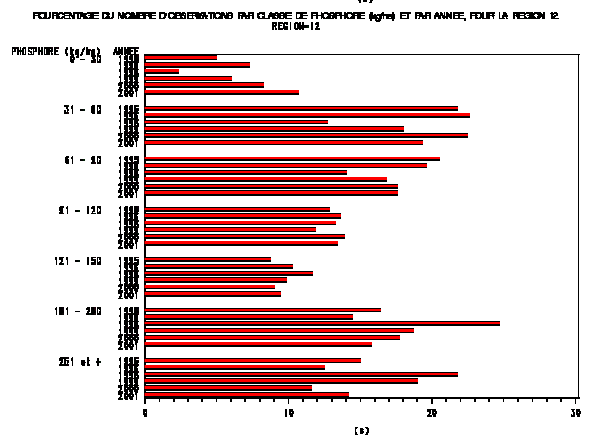
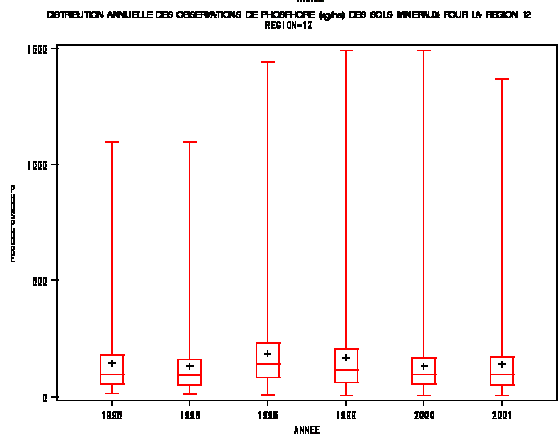
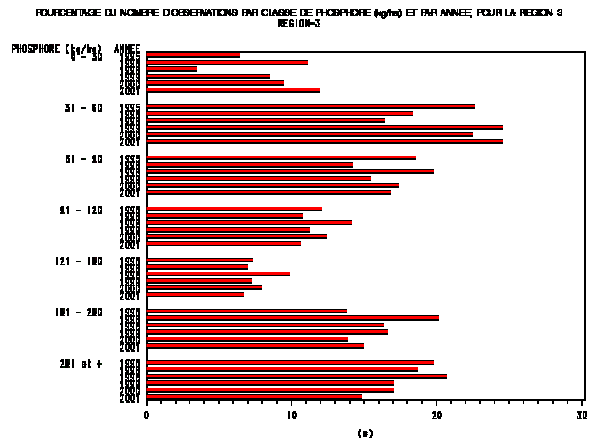
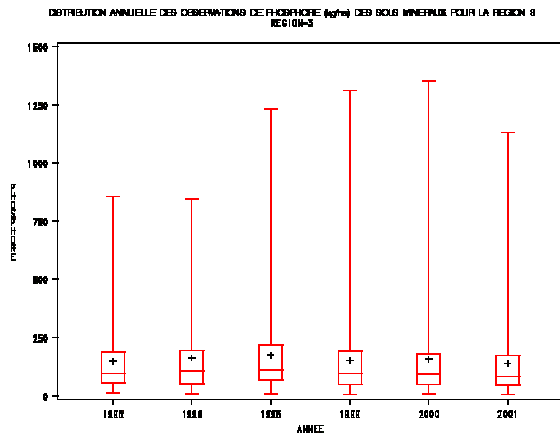
Le tableau 8 présente le niveau de fertilité en phosphore pour la province et les régions administratives du Québec où il y a des déclarations d'activités agricoles. Ces moyennes sont construites à partir de la compilation des données de 1995 à 2001. Les données de chaque année sont aussi présentées dans les annexes 1 à 4. De façon générale, le nombre d'observations est beaucoup plus grand en 2001 que pour les autres années. La figure 3 présente, pour la région de la « Montérégie secteur est », le nombre d'observations qu'on retrouve par classe de saturation en phosphore et année et la figure 4, le pourcentage relatif des observations par classe et année. On constate très bien l'augmentation du nombre d'observations.

Les figures présentées dans les annexes 1 à 4 permettent de mieux comprendre les différences annuelles et les limites de l'information statistique. L'annexe 1 présente les figures de distribution annuelle des observations du résultat de l'analyse pour le phosphore (kg P/ha). Ces figures présentent l'étendue des valeurs des observations, dans quel segment de la distribution on retrouve 50 % des valeurs (boîte) et si la moyenne (signe +) est près de la médiane (ligne

horizontale dans la boîte). Quant à l'annexe 2, elles présentent aussi la distribution des observations mais selon les classes de fertilité du tableau 1. Placées en parallèle et accompagnées des informations du tableau 8, elles permettent de mieux visualiser l'information statistique. Par exemple, les figures des pages 14 et 15 présentent la situation de 4 régions différentes du tableau 8 (3, 12, 14 et 16). Ces régions ont un grand nombre d'observations et les moyennes les plus élevées du groupe. Cependant, la médiane ne suit pas tout à fait le même patron que la moyenne. Premier constat : selon les figures de la colonne de gauche, on remarque que l'étendue de la verticale n'est pas constante particulièrement pour la région 3. Deuxième constat, par classe de fertilité, on remarque qu'on retrouve beaucoup plus d'observations dans les classes les plus riches dans les régions 14 et 16 que dans la 3 et 12. Les régions 14 et 16 se démarquent donc des régions 3 et 12.

Si on compare les régions 14 et 16, malgré une moyenne plus élevée pour la région 14, on observe tout de même une distribution légèrement différente selon les années particulièrement pour les années 1996 et 1998 laissant croire qu'il est possible que pour ces 2 années, la superficie échantillonnée ait été possiblement moins représentative de la totalité pour la région 14.

On peut ainsi non seulement établir l'état de fertilité moyen d'une région mais surtout mieux la comprendre pour intervenir de façon plus stratégique et mieux la comparer avec l'état de fertilité d'une autre région.



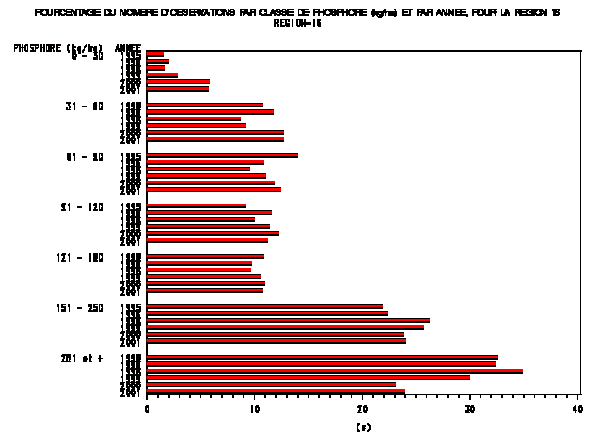
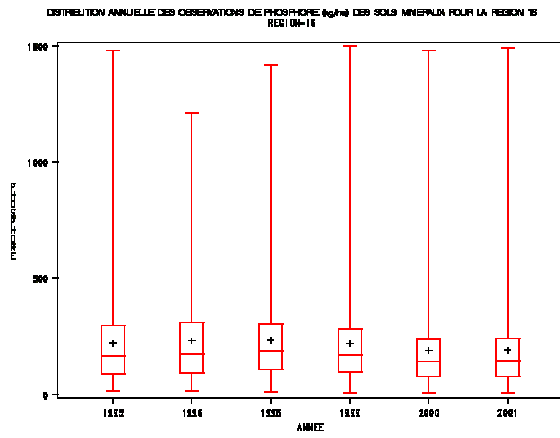


Tableau 8 Niveau de fertilité en phosphore pour la province et les diverses régions administratives

No de la région	Région administrative	Nombre d'observations	Moyenne	Écart-type	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure	Centile 25	Médiane	Centile 75
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	105	125	1.2	103	108	38	64	118
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	87	101	1.4	84	90	39	60	98
3	Capitale-Nationale	4 568	153	164	2.4	149	158	52	95	188
4	Mauricie	3 768	131	146	2.4	127	136	49	82	153
5	Estrie	7 481	116	112	1.3	113	118	49	84	146
6	Montréal	446	259	310	14.7	231	288	65	116	335
7	Outaouais	4 120	95	96	1.5	92	98	38	66	116
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	55	78	1.3	53	58	26	38	59
9	Côte-Nord	440	97	104	5.0	87	107	34	69	115
10	Nord-du-Québec	21	62	35	7.6	46	78	40	59	92
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	105	135	3.7	98	112	33	59	126
12	Chaudière-Appalaches	17 650	157	156	1.2	155	159	61	110	195
13	Laval	159	179	207	16.4	146	211	54	97	208
14	Lanaudière	7 626	220	210	2.4	215	225	79	145	280
15	Laurentides	3 791	125	133	2.2	121	129	49	83	146
16	Montérégie-Est	17 065	206	181	1.4	203	209	85	155	264
17	Centre-du-Québec	15 019	152	133	1.1	150	154	68	116	189
18	Montérégie-Ouest	7 468	153	130	1.5	150	156	74	121	190
	Province	110 664	149	155	0.5	148	149	54	100	183

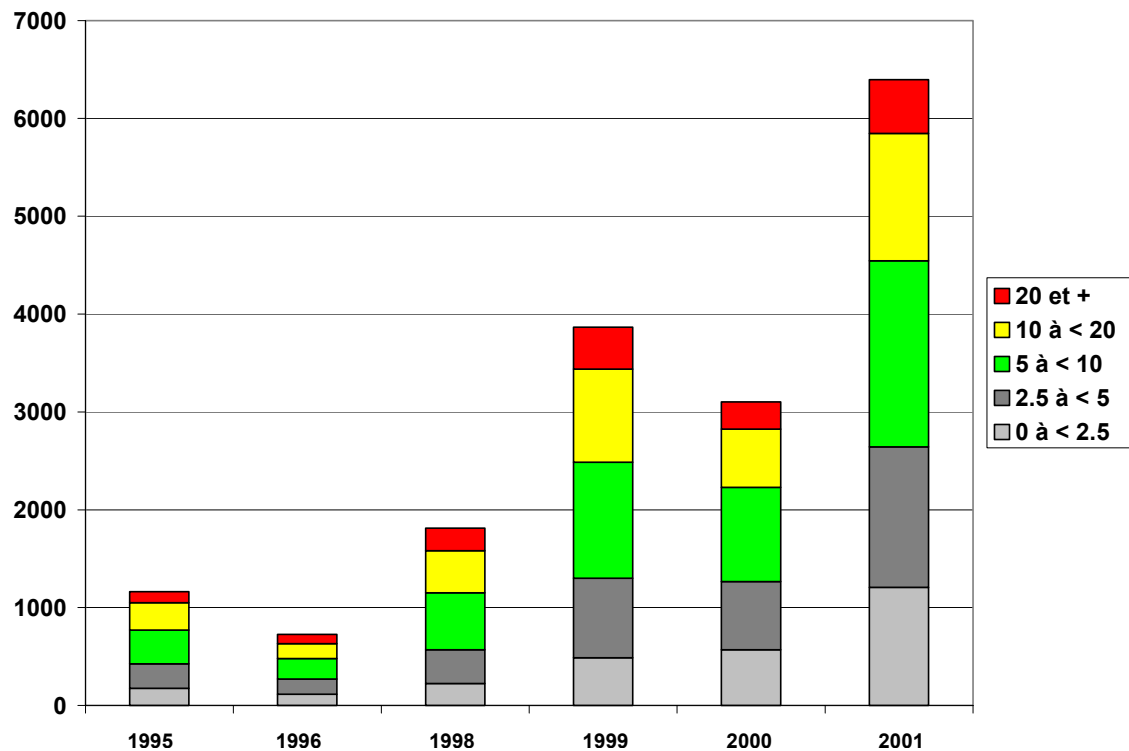


Figure 3 Fréquence des observations d'analyses de sols selon les années et la saturation en phosphore pour la région de la Montérégie secteur est (région 16)

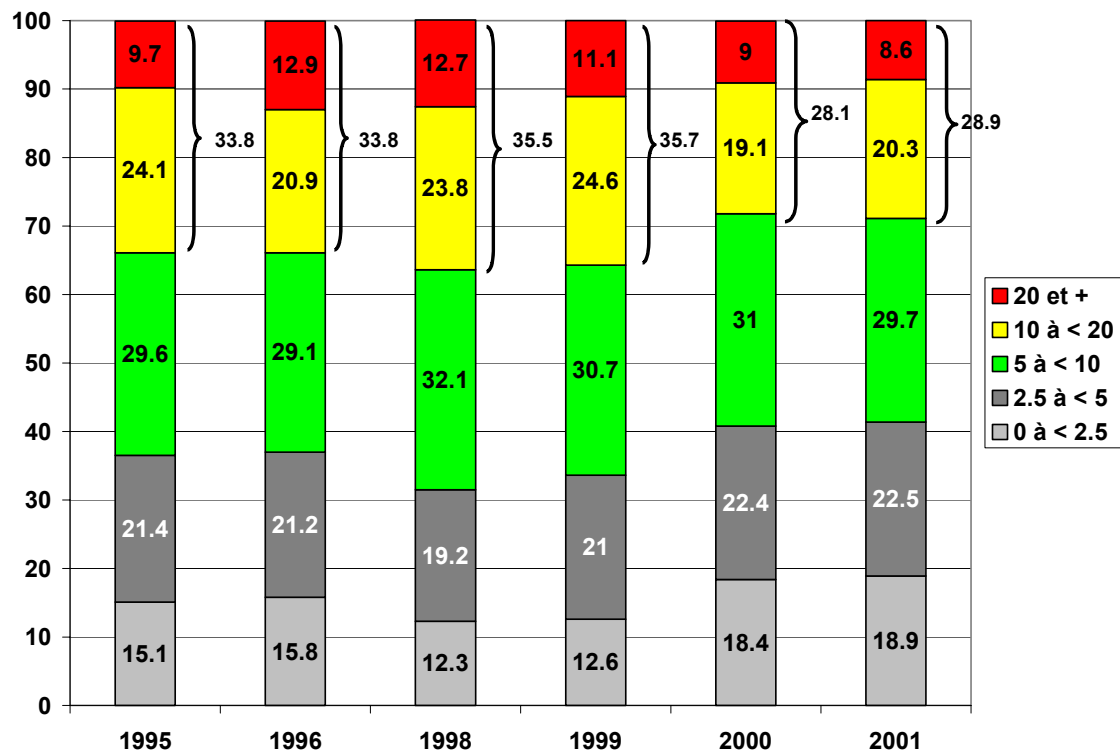


Figure 4 Fréquence en pourcentage des observations d'analyses de sols selon les années et la saturation en phosphore pour la région de la Montérégie secteur est (région 16)

Pourcentage de saturation en phosphore pour la province et les régions administratives

Le pourcentage de saturation en phosphore est présenté pour la province et pour les différentes régions administratives. Tout comme pour le niveau de fertilité en P_{mehlich_3} /ha présenté dans le tableau 8 du chapitre précédent, le tableau 10 fournit un sommaire des informations statistiques pour la province et les régions administratives du Québec. On retrouve en annexe 3 les figures de distribution annuelle des observations du résultat de l'analyse pour le pourcentage de saturation des sols en phosphore et en annexe 4, la distribution des observations selon 5 classes de saturation des sols en phosphore telles que présentées aux figures 3 et 4.

Dans les grilles de fertilisation des cultures (maïs-grain, ensilage ou pomme de terre) où le CRAAQ⁸ utilise le pourcentage de saturation, les classes sont différentes selon les cultures. Les seuils critiques agronomique et environnemental diffèrent aussi selon les cultures et le type de sol. Toutefois, pour les fins de présentation et comme on reconnaît généralement que les sols dont le pourcentage de saturation est supérieur à 10 % est suffisamment pourvu en phosphore, seulement 5 classes ont été retenues. La classe « 5 à 10 % » est la classe idéale normalement recherchée.

Pour obtenir un pourcentage de saturation élevé, il faut que le sol ait été enrichi par des engrais de ferme ou minéraux. Un test de corrélation effectué par municipalité, par MRC et région démontre qu'il existe un lien

⁸ CRAAQ. 2003. Guide de référence en fertilisation 1^{ière} édition.

entre la quantité appliquée estimée à l'aide de la fiche d'enregistrement des exploitations agricoles du MAPAQ⁹ et le pourcentage de saturation mais qu'il n'est pas très élevé, significatif à l'échelle des MRC et des municipalités seulement et pour certains paramètres.

Estimation du coefficient de corrélation

Le coefficient de corrélation de Pearson est un indice d'association linéaire entre deux variables continues. Sa valeur se situe entre -1 et 1. Une valeur proche de 0 implique qu'il y a absence de dépendance linéaire entre les deux variables. On ne peut toutefois pas conclure qu'il n'y a pas de relation entre les deux variables. La relation linéaire n'est qu'un type de relation en particulier et il pourrait exister une autre forme de dépendance, curviligne par exemple. Une valeur très proche de 1 en valeur absolue signifie qu'il y a une très forte dépendance linéaire entre les deux variables. Un signe positif indique qu'une augmentation de la première variable est associée à une augmentation de la deuxième (pente de régression positive). Un signe négatif indique qu'une augmentation de la première variable est associée à une diminution de la deuxième (pente de régression négative). Voir en annexe 5 comment le coefficient de corrélation se calcule.

Si la probabilité est inférieure à 0.05, il y a alors une dépendance linéaire entre les variables. Le tableau 9 nous indique que c'est le cas de toutes les variables à l'échelle de la MRC et de la municipalité à l'exception de la variable « Rejets des

⁹ Série 2000-2003, février 2003. Les statistiques sont rapportées à la principale place d'affaires des entreprises peu importe le nombre de sites d'exploitation et même s'ils sont situés dans plusieurs municipalités différentes.

animaux en phosphore » à l'échelle de la MRC.

Le coefficient de corrélation de Spearman basé sur les rangs est une mesure de la force du lien entre deux variables. Sa valeur se situe aussi entre -1 et 1 . Il se calcule comme le coefficient de corrélation de Pearson, mais en considérant les rangs des observations plutôt que leurs valeurs brutes. On ne fait aucune hypothèse quant au type de relation entre les deux variables en effectuant le test d'indépendance.

Il est important d'accompagner l'analyse de corrélation du graphique de la première variable en fonction de la deuxième. Cela permet d'observer les indices d'un type d'association qui pourrait exister entre les deux.

Ainsi, on constate cette fois-ci un lien pour toutes les variables à l'échelle des MRC et des municipalités mais plus faible ou plus fort selon le paramètre. Ça démontre que ce facteur influence le pourcentage de saturation mais en n'explique qu'une partie étant donné que plusieurs variables ne sont pas contrôlées dans cette étude.

L'utilisation des descriptions présentées doivent être utilisées tel qu'indiqué dans le chapitre précédent.

Tableau 9 Coefficient de corrélation de la quantité d'engrais appliquée avec le pourcentage de saturation des sols minéraux

	Région			MRC			Municipalité		
	Test de Pearson								
	Coefficient de corrélation	Probabilité	Nombre d'observations	Coefficient de corrélation	Probabilité	Nombre d'observations	Coefficient de corrélation	Probabilité	Nombre d'observations
Rejets des animaux en phosphore	-0.071	0.809	14	0.202	0.051	94	0.308	<.0001	657
Engrais de ferme (rejets) et engrais minéraux	-0.047	0.872	14	0.244	0.018	94	0.365	<.0001	657
Rejets des animaux par hectare en culture	-0.068	0.816	14	0.433	<.0001	94	0.208	<.0001	657
Engrais de ferme et engrais minéraux par hectare en culture	0.121	0.679	14	0.663	<.0001	94	0.333	<.0001	657
	Région			MRC			Municipalité		
	Test de Spearman								
	Coefficient de corrélation	Probabilité	Nombre d'observations	Coefficient de corrélation	Probabilité	Nombre d'observations	Coefficient de corrélation	Probabilité	Nombre d'observations
Rejets des animaux en phosphore	0.073	0.805	14	0.286	0.005	94	0.372	<.0001	657
Engrais de ferme (rejets) et engrais minéraux	0.002	0.994	14	0.394	<.0001	94	0.483	<.0001	657
Rejets des animaux par hectare en culture	0.086	0.771	14	0.229	0.0268	94	0.105	0.0073	657
Engrais de ferme et engrais minéraux par hectare en culture	0.336	0.240	14	0.585	<.0001	94	0.440	<.0001	657

Tableau 10 Pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la province et les diverses régions administratives

No de la région	Région administrative	Nombre d'observations	Moyenne	Écart-type	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure	Centile 25	Médiane	Centile 75
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	4.6	5.4	0.1	4.5	4.7	1.7	2.9	5.4
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	3.1	4.1	0.1	3.0	3.2	1.2	2.0	3.4
3	Capitale-Nationale	4 568	5.8	6.9	0.1	5.6	6.0	1.7	3.4	7.0
4	Mauricie	3 768	4.8	5.4	0.1	4.6	5.0	1.7	3.1	5.8
5	Estrie	7 481	4.6	5.2	0.1	4.5	4.7	1.7	3.3	5.7
6	Montréal	446	13.3	17.8	0.8	11.6	14.9	2.7	5.4	14.9
7	Outaouais	4 120	3.5	3.6	0.1	3.4	3.6	1.4	2.4	4.2
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	2.3	3.5	0.1	2.2	2.4	1.0	1.5	2.4
9	Côte-Nord	440	3.5	4.5	0.2	3.1	3.9	1.0	2.2	4.3
10	Nord-du-Québec	21	2.7	1.7	0.4	1.9	3.5	0.6	2.8	3.6
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	4.7	7.2	0.2	4.4	5.1	1.5	2.6	5.2
12	Chaudière-Appalaches	17 650	6.3	6.5	0.1	6.2	6.4	2.4	4.4	7.9
13	Laval	159	7.7	9.0	0.7	6.3	9.1	2.4	4.2	8.6
14	Lanaudière	7 626	8.0	7.4	0.1	7.8	8.2	3.1	5.6	10.6
15	Laurentides	3 791	4.6	5.0	0.1	4.4	4.8	1.7	3.0	5.5
16	Montérégie-Est	17 065	9.2	8.8	0.1	9.1	9.4	3.5	6.6	11.8
17	Centre-du-Québec	15 019	6.0	5.9	0.1	5.9	6.1	2.4	4.3	7.6
18	Montérégie-Ouest	7 468	6.9	6.1	0.1	6.8	7.1	3.2	5.4	8.6
	Province	110 664	6.1	6.8	0.0	6.0	6.1	2.0	3.9	7.5

Autres caractéristiques chimiques pour la province et les régions administratives

Seuls les tableaux synthèses sont fournis. Pour mieux en comprendre les limites, tout comme pour les deux chapitres précédents, il serait tout aussi important de consulter les figures qui les accompagnent. Toutefois, compte tenu de leur nombre élevé, cette information ne sera disponible que sur le site web.

Sur ce site, il sera aussi possible d'effectuer différentes requêtes à l'échelle des MRC ou des municipalités et d'obtenir le sommaire par MRC et municipalités pour le contenu en P et le % de saturation en P.

Tableau 11 Description du niveau de pH des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

No de la région	Région administrative	Nombre d'observations	Moyenne	Écart-type	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure	Centile 25	Médiane	Centile 75
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	5.9	0.5	0.00	5.9	6.0	5.6	5.9	6.2
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	6.0	0.5	0.01	6.0	6.0	5.6	6.0	6.2
3	Capitale-Nationale	4 568	6.0	0.5	0.01	6.0	6.0	5.6	6.0	6.3
4	Mauricie	3 768	6.0	0.4	0.01	6.0	6.0	5.7	6.0	6.3
5	Estrie	7 481	6.0	0.5	0.01	6.0	6.1	5.7	6.0	6.4
6	Montréal	446	6.2	0.7	0.03	6.2	6.3	5.8	6.2	6.6
7	Outaouais	4 120	6.0	0.4	0.01	6.0	6.0	5.7	6.0	6.2
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	5.8	0.5	0.01	5.8	5.8	5.4	5.7	6.0
9	Côte-Nord	440	5.6	0.5	0.02	5.6	5.7	5.3	5.6	6.0
10	Nord-du-Québec	21	5.6	0.7	0.16	5.3	5.9	5.0	5.5	6.1
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	5.8	0.5	0.01	5.7	5.8	5.4	5.7	6.1
12	Chaudière-Appalaches	17 650	5.9	0.5	0.00	5.9	5.9	5.6	5.9	6.2
13	Laval	159	6.4	0.5	0.04	6.3	6.4	6.0	6.4	6.7
14	Lanaudière	7 626	6.0	0.5	0.01	6.0	6.0	5.7	6.0	6.3
15	Laurentides	3 791	6.0	0.5	0.01	6.0	6.0	5.7	6.0	6.2
16	Montérégie-Est	17 065	6.2	0.5	0.00	6.1	6.2	5.8	6.2	6.5
17	Centre-du-Québec	15 019	6.1	0.5	0.00	6.1	6.1	5.7	6.1	6.4
18	Montérégie-Ouest	7 468	6.1	0.5	0.01	6.1	6.1	5.8	6.1	6.5
	Province	110 664	6.0	0.5	0.00	6.0	6.0	5.7	6.0	6.3

Tableau 12 Description du niveau de pH tampon des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

No de la région	Région administrative	Nombre d'observations	Moyenne	Écart-type	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure	Centile 25	Médiane	Centile 75
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	6.6	0.3	0.00	6.6	6.6	6.3	6.6	6.8
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	6.5	0.4	0.01	6.5	6.5	6.2	6.5	6.7
3	Capitale-Nationale	4 568	6.5	0.4	0.01	6.5	6.5	6.3	6.5	6.8
4	Mauricie	3 768	6.6	0.3	0.01	6.5	6.6	6.3	6.6	6.7
5	Estrie	7 481	6.6	0.4	0.00	6.6	6.6	6.3	6.6	6.8
6	Montréal	446	6.7	0.5	0.02	6.6	6.7	6.3	6.7	7.0
7	Outaouais	4 120	6.5	0.3	0.00	6.5	6.6	6.3	6.5	6.7
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	6.3	0.4	0.01	6.3	6.3	6.1	6.3	6.6
9	Côte-Nord	440	6.3	0.4	0.02	6.2	6.3	6.0	6.2	6.5
10	Nord-du-Québec	21	6.4	0.5	0.10	6.2	6.7	6.0	6.4	6.7
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	6.5	0.4	0.01	6.5	6.5	6.3	6.5	6.7
12	Chaudière-Appalaches	17 650	6.6	0.4	0.00	6.6	6.6	6.3	6.6	6.8
13	Laval	159	6.8	0.4	0.03	6.8	6.9	6.5	6.7	7.1
14	Lanaudière	7 626	6.6	0.3	0.00	6.6	6.6	6.4	6.6	6.8
15	Laurentides	3 791	6.5	0.4	0.01	6.5	6.5	6.3	6.5	6.7
16	Montérégie-Est	17 065	6.7	0.4	0.00	6.7	6.7	6.5	6.7	7.0
17	Centre-du-Québec	15 019	6.6	0.4	0.00	6.6	6.6	6.4	6.6	6.9
18	Montérégie-Ouest	7 468	6.7	0.4	0.00	6.7	6.7	6.4	6.6	7.0
	Province	110 664	6.6	0.4	0.00	6.6	6.6	6.4	6.6	6.8

Tableau 13 Description du contenu en matière organique des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

No de la région	Région administrative	Nombre d'observations	Moyenne	Écart-type	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure	Centile 25	Médiane	Centile 75
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	7.3	2.9	0.03	7.2	7.3	5.4	6.8	8.5
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	7.5	3.1	0.04	7.4	7.6	5.3	7.0	9.1
3	Capitale-Nationale	4 568	6.1	2.5	0.04	6.1	6.2	4.5	5.8	7.4
4	Mauricie	3 768	5.8	2.2	0.04	5.8	5.9	4.4	5.5	6.9
5	Estrie	7 481	6.8	2.3	0.03	6.7	6.8	5.3	6.6	8.0
6	Montréal	446	7.0	3.5	0.17	6.6	7.3	4.6	6.2	8.7
7	Outaouais	4 120	5.5	1.9	0.03	5.5	5.6	4.3	5.3	6.4
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	7.6	3.4	0.06	7.5	7.7	5.2	6.9	9.5
9	Côte-Nord	440	7.4	3.8	0.18	7.1	7.8	4.7	7.1	10.1
10	Nord-du-Québec	21	7.3	4.3	0.94	5.3	9.2	4.1	6.7	10.7
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	6.1	2.4	0.07	6.0	6.2	4.6	5.7	7.1
12	Chaudière-Appalaches	17 650	6.7	2.5	0.02	6.7	6.7	5.0	6.5	8.1
13	Laval	159	5.5	2.0	0.15	5.1	5.8	4.2	5.1	6.7
14	Lanaudière	7 626	4.9	1.9	0.02	4.8	4.9	3.6	4.6	5.8
15	Laurentides	3 791	6.1	2.4	0.04	6.0	6.2	4.6	5.7	7.2
16	Montérégie-Est	17 065	4.9	2.3	0.02	4.9	5.0	3.4	4.5	5.9
17	Centre-du-Québec	15 019	5.6	2.6	0.02	5.6	5.7	3.8	5.1	7.0
18	Montérégie-Ouest	7 468	5.2	2.0	0.02	5.2	5.3	4.0	5.0	6.1
	Province	110 664	6.1	2.6	0.01	6.1	6.1	4.3	5.6	7.4

Tableau 14 Description du contenu en aluminium des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

on adm	d'observations	inférieure	supérieure							
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	1026	243	2.4	1022	1031	858	1000	1170
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	1424	357	4.9	1414	1433	1150	1420	1680
3	Capitale-Nationale	4 568	1338	401	5.9	1326	1349	1030	1320	1670
4	Mauricie	3 768	1295	326	5.3	1284	1305	1048	1267	1550
5	Estrie	7 481	1229	311	3.6	1222	1236	1010	1220	1440
6	Montréal	446	1046	323	15.3	1016	1076	829	1023	1239
7	Outaouais	4 120	1261	319	5.0	1252	1271	1010	1210	1500
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	1147	215	3.5	1140	1154	1010	1130	1261
9	Côte-Nord	440	1465	384	18.3	1429	1501	1188	1420	1830
10	Nord-du-Québec	21	1185	411	89.8	998	1373	940	1096	1350
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	1062	297	8.2	1046	1078	862	1035	1236
12	Chaudière-Appalaches	17 650	1174	301	2.3	1169	1178	956	1140	1380
13	Laval	159	1048	171	13.5	1021	1075	971	1030	1130
14	Lanaudière	7 626	1235	329	3.8	1228	1242	985	1160	1500
15	Laurentides	3 791	1289	326	5.3	1278	1299	1040	1245	1525
16	Montérégie-Est	17 065	1092	300	2.3	1087	1097	887	1040	1250
17	Centre-du-Québec	15 019	1258	347	2.8	1253	1264	997	1232	1510
18	Montérégie-Ouest	7 468	1026	222	2.6	1021	1031	897	1000	1120
	Province	110 664	1185	327	1.0	1183	1187	951	1130	1400

Tableau 15 Description du contenu en potassium des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

d		d'observations				inférieure	supérieure			
région										
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	258	181	1.8	254	261	139	205	318
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	285	197	2.7	280	290	145	246	370
3	Capitale-Nationale	4 568	251	191	2.8	245	256	116	192	333
4	Mauricie	3 768	264	188	3.1	258	270	135	213	344
5	Estrie	7 481	185	132	1.5	182	188	100	146	227
6	Montréal	446	345	211	10.0	326	365	166	327	488
7	Outaouais	4 120	297	214	3.3	290	303	140	241	390
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	302	164	2.7	297	307	187	280	385
9	Côte-Nord	440	163	128	6.1	151	175	76	128	212
10	Nord-du-Québec	21	183	142	31.1	118	248	72	119	353
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	190	131	3.6	183	197	108	154	223
12	Chaudière-Appalaches	17 650	251	189	1.4	248	254	116	192	332
13	Laval	159	449	205	16.2	417	481	330	427	513
14	Lanaudière	7 626	326	184	2.1	321	330	193	292	420
15	Laurentides	3 791	274	204	3.3	268	281	121	225	371
16	Montérégie-Est	17 065	311	195	1.5	308	314	163	274	412
17	Centre-du-Québec	15 019	204	149	1.2	202	207	107	164	253
18	Montérégie-Ouest	7 468	345	177	2.1	341	349	220	316	433
	Province	110 664	267	187	0.6	266	269	132	219	354

Tableau 16 Description du contenu en calcium des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

région		d'observations				inférieure	supérieure			
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	4365	2047	19.8	4326	4404	2950	4120	5470
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	3724	2235	30.6	3664	3784	2060	3350	4880
3	Capitale-Nationale	4 568	3653	2241	33.2	3588	3718	2030	3310	4870
4	Mauricie	3 768	3228	1628	26.5	3176	3280	2103	3070	4120
5	Estrie	7 481	3332	1620	18.7	3295	3369	2240	3170	4140
6	Montréal	446	5725	3149	149.1	5432	6018	3471	5177	7910
7	Outaouais	4 120	3419	2040	31.8	3357	3482	1880	3070	4560
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	4830	2539	41.8	4748	4912	2950	4430	6330
9	Côte-Nord	440	2235	2001	95.4	2048	2423	824	1905	3090
10	Nord-du-Québec	21	2277	1514	330.4	1588	2966	741	2180	3536
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	3609	2039	56.1	3499	3719	2152	3216	4581
12	Chaudière-Appalaches	17 650	3653	1999	15.0	3624	3683	2260	3310	4670
13	Laval	159	6863	3313	262.8	6344	7382	4790	5720	7540
14	Lanaudière	7 626	3943	2329	26.7	3890	3995	2200	3680	5300
15	Laurentides	3 791	3659	2306	37.5	3585	3732	1876	3180	5010
16	Montérégie-Est	17 065	4203	1992	15.3	4173	4233	2760	3970	5420
17	Centre-du-Québec	15 019	3281	1844	15.0	3252	3311	2060	3030	4140
18	Montérégie-Ouest	7 468	5406	2239	25.9	5355	5457	3860	5310	6746
	Province	110 664	3899	2141	6.4	3886	3912	2370	3580	5070

Tableau 17 Description du contenu en magnésium des sols minéraux du Québec et des diverses régions administratives

No de la région	Région administrative	Nombre d'observations	Moyenne	Écart-type	Erreur-type	Limite inférieure	Limite supérieure	Centile 25	Médiane	Centile 75
1	Bas-Saint-Laurent	10 678	312	278	2.7	307	318	151	237	367
2	Saguenay-Lac-Saint-Jean	5 353	329	258	3.5	322	336	128	272	468
3	Capitale-Nationale	4 568	233	234	3.5	226	240	90	168	297
4	Mauricie	3 768	359	343	5.6	348	370	123	239	477
5	Estrie	7 481	228	213	2.5	223	233	113	174	264
6	Montréal	446	638	577	27.3	585	692	227	459	766
7	Outaouais	4 120	644	524	8.2	628	660	245	506	922
8	Abitibi-Témiscamingue	3 691	875	439	7.2	861	889	567	843	1150
9	Côte-Nord	440	210	235	11.2	188	232	46.5	133	299
10	Nord-du-Québec	21	393	554	120.9	141	645	68	162	607
11	Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1 320	194	173	4.8	185	204	90	141	226
12	Chaudière-Appalaches	17 650	342	339	2.6	337	347	136	227	395
13	Laval	159	1134	680	53.9	1028	1240	515	1150	1680
14	Lanaudière	7 626	531	431	4.9	521	541	185	409	779
15	Laurentides	3 791	584	540	8.8	566	601	160	377	906
16	Montréal-Est	17 065	549	522	4.0	541	556	184	330	764
17	Centre-du-Québec	15 019	294	295	2.4	289	298	121	202	346
18	Montréal-Ouest	7 468	909	595	6.9	895	922	404	821	1310
	Province	110 664	441	444	1.3	438	443	148	269	570

Caractéristiques chimiques pour les municipalités régionales de comté (MRC) et les municipalités

Il existe tout près d'une centaine de MRC et il y a des observations pour environ 1 000 municipalités. Toutes les informations fournies pour les régions se répètent pour les MRC et les municipalités. Compte tenu du volume important de tableaux et figures qu'exigent leur présentation, cette information ne sera qu'à partir du site web.

Conclusion

Bien qu'il puisse exister certains biais en ce qui concerne l'échantillonnage, la base de données demeure suffisamment précise pour estimer les caractéristiques chimiques des différentes régions administratives et probablement de plusieurs MRC et municipalités. Dans tous les cas, il est préférable de consulter l'ensemble des tableaux et figures qui accompagnent la région retenue (région, MRC ou municipalité) pour mieux en estimer les limites.

On doit dès maintenant reconnaître qu'il y a un problème de surfertilisation en constatant qu'un certain nombre d'observations démontrent visiblement un enrichissement excessif. Toutefois, on doit aussi reconnaître qu'il y a tout autant un bon nombre d'observations qui indiquent que des sols pourraient aussi profiter de plus de fertilisants. Des différences importantes peuvent être constatées entre les régions. Certaines régions ont très peu de sols avec plus de 10 % de saturation mais beaucoup de sols avec moins de 5 % de saturation. Ces régions devraient travailler à corriger cette déficience. Elles pourraient aussi éponger le surplus éventuel des régions qui ont au contraire à corriger un enrichissement excessif.

Il faut aussi considérer que la gestion des fertilisants peut être très différente entre les différentes entreprises agricoles d'une région. Par exemple, les écarts des résultats de la saturation entre les fermes d'une même région peuvent être très considérables. Le Règlement sur les exploitations agricoles (REA) du Ministère de l'Environnement du Québec (MENV) devrait éventuellement amener une réduction des observations des sols à

pourcentage de saturation élevée tout en permettant un enrichissement des sols pauvres. Les tests de corrélation effectués soulèvent un lien entre la charge (ou la quantité d'engrais de ferme et minéraux) et le pourcentage de saturation des sols mais en explique qu'une partie .

Il est probable qu'au cours des prochaines années le volume d'analyses augmentera encore. Les informations statistiques ainsi obtenues n'en seront que meilleures parce qu'une plus grande superficie de sols sera échantillonnée.

Pour constater si un paramètre physique évoluera, particulièrement celui du phosphore, il faudra sans doute prendre un pas temporel d'au moins 5 ans et plus probablement 10 ans.

Éventuellement, à moyen ou long terme, il est aussi possible que nous obtenions de façon numérique l'ensemble des plans de fertilisation réalisés. Cette information serait probablement plus complète et pourrait même être liée à des informations supplémentaires telles que la culture, la série de sol ou la gestion des fertilisants.

Annexe 1 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols (kg/ha) en phosphore pour la province et les diverses régions administratives du Québec

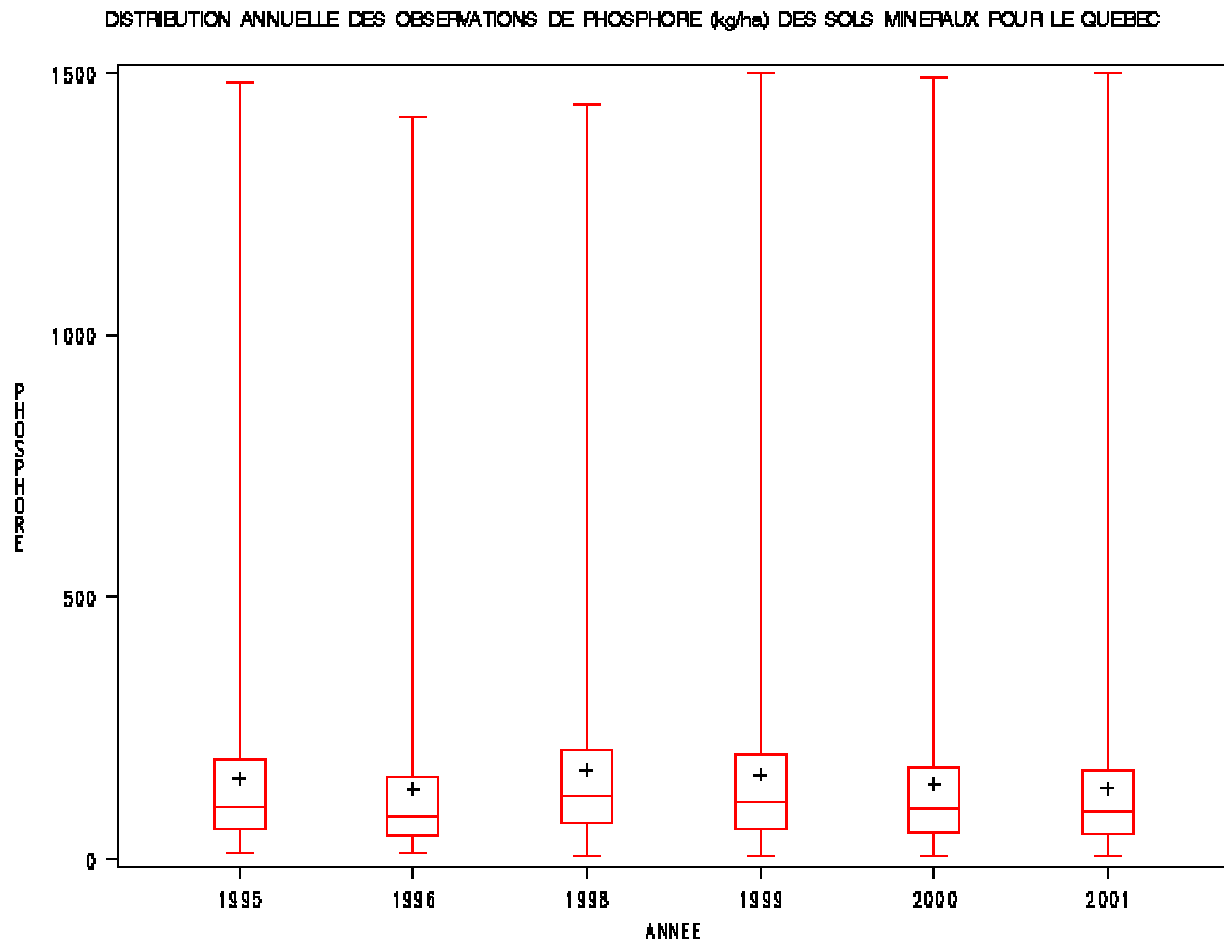


Figure 5 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la province

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 1
REGION=1

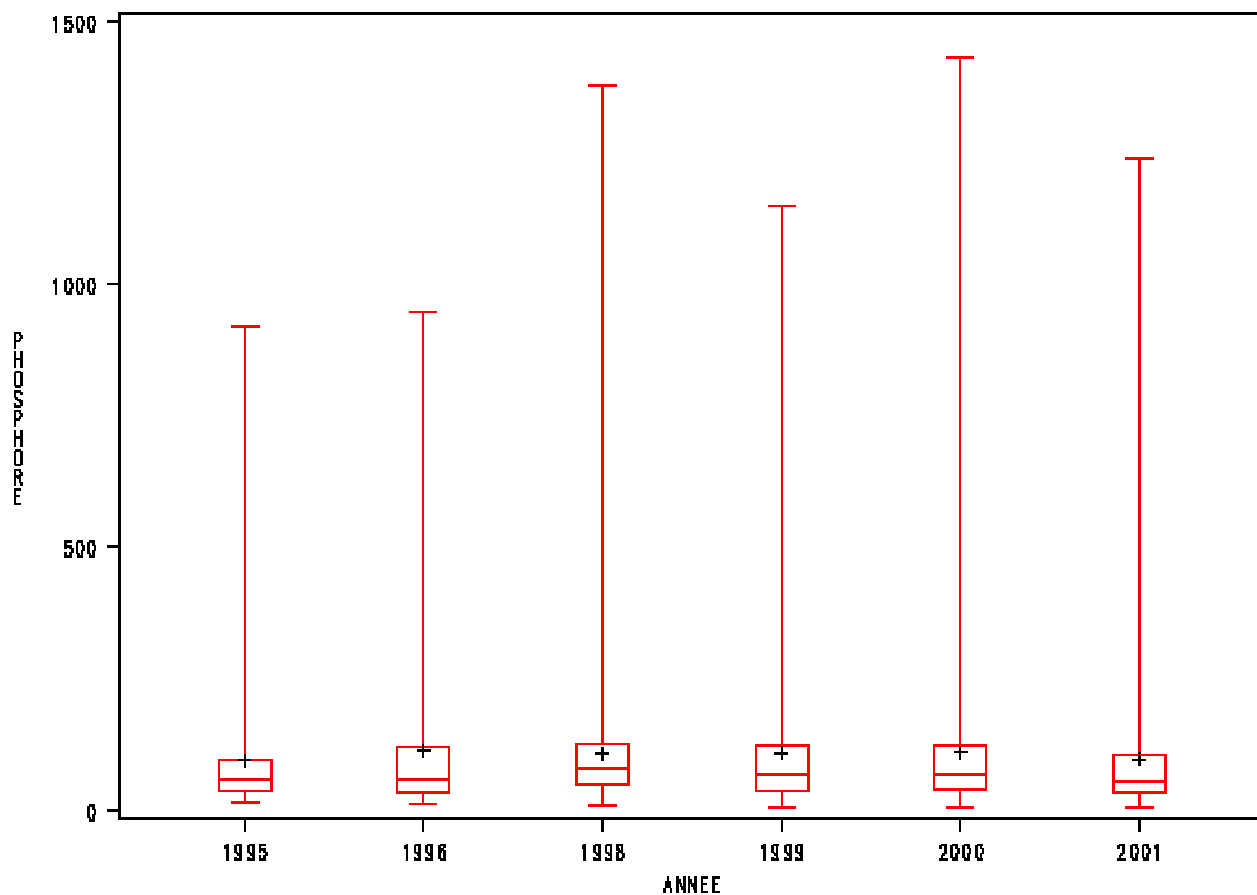


Figure 6 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Bas Saint-Laurent (région = 1)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 2
REGION=2

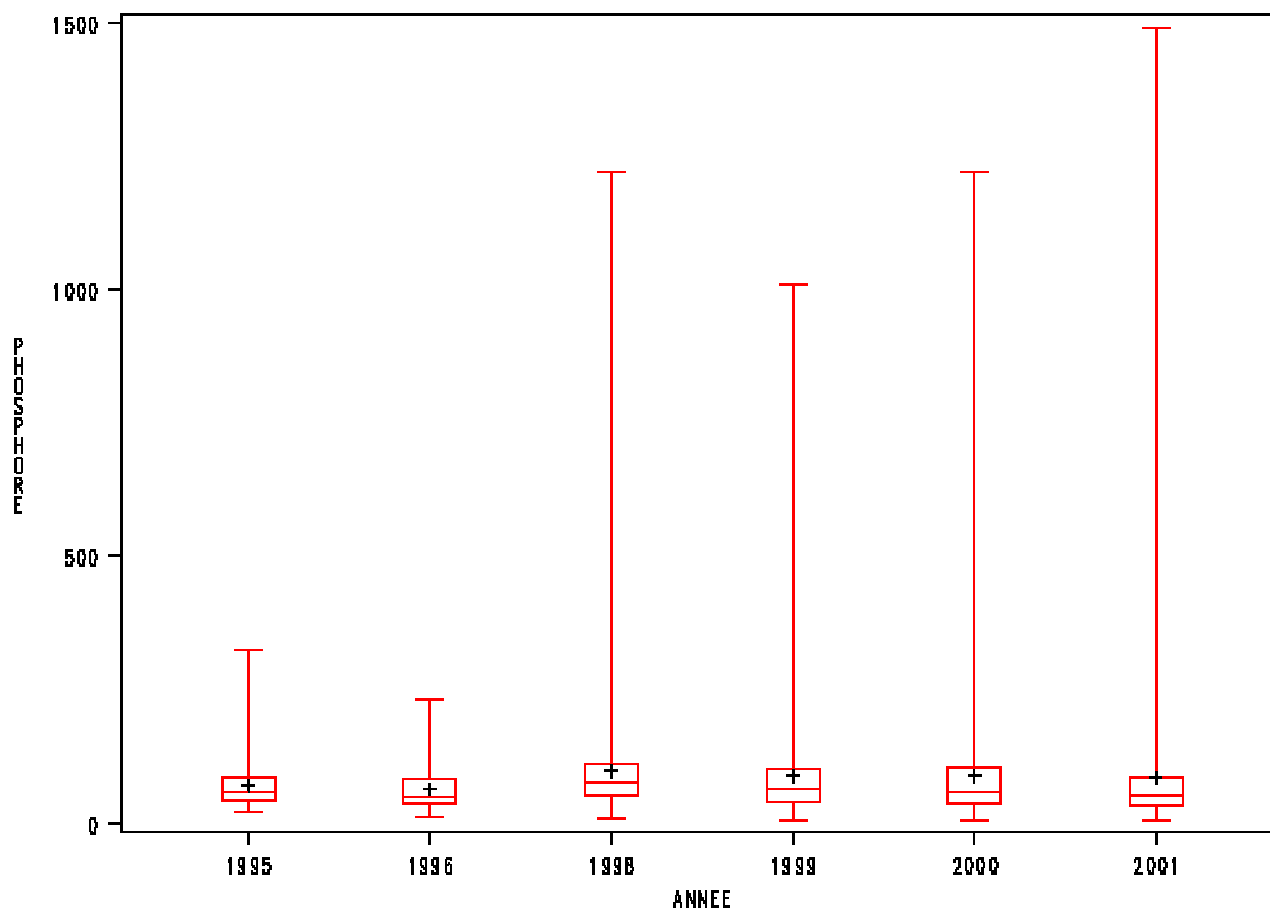


Figure 7 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Saguenay-Lac-St-Jean (région =2)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 3
REGION=3

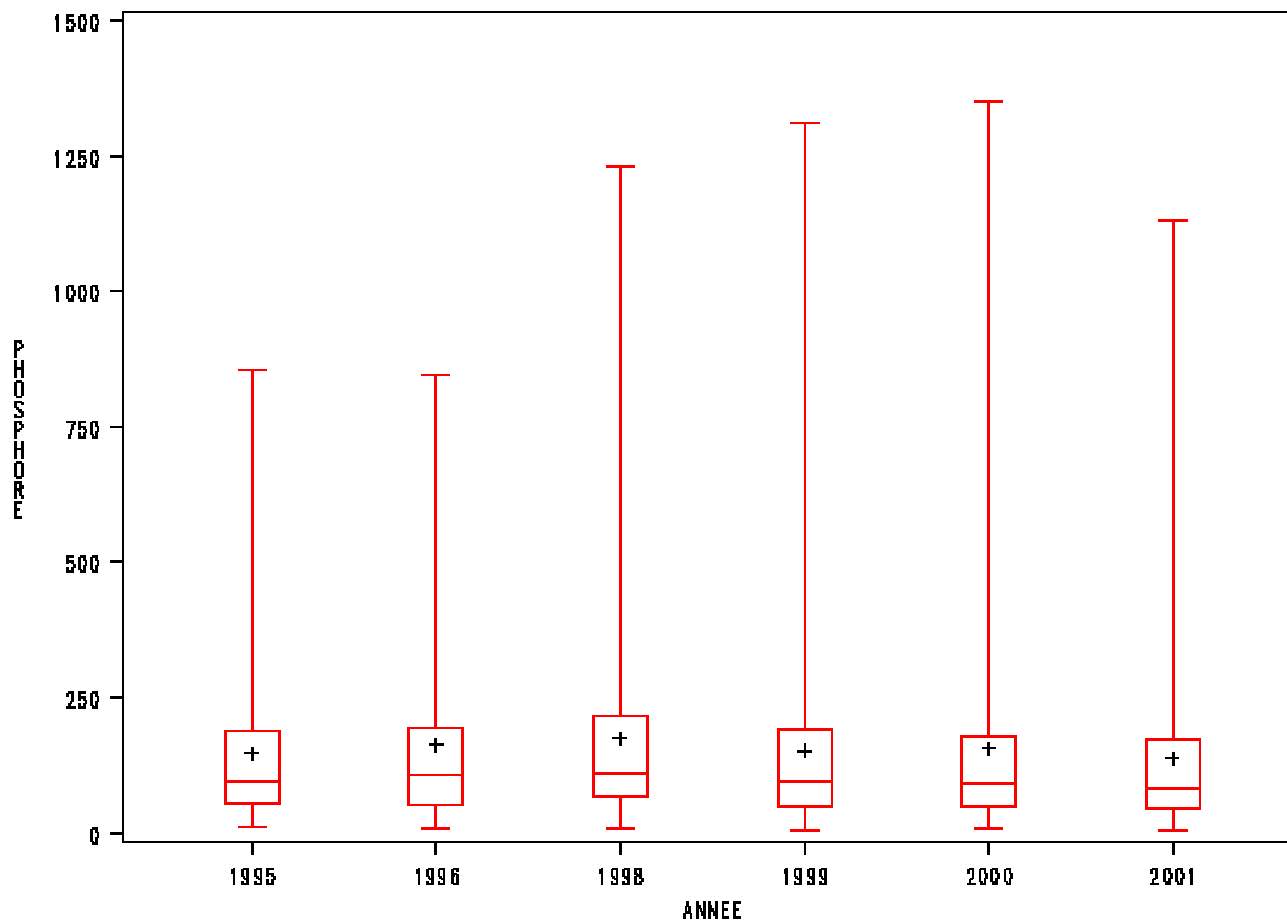


Figure 8 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Capitale Nationale (région = 3)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 4
REGION=4

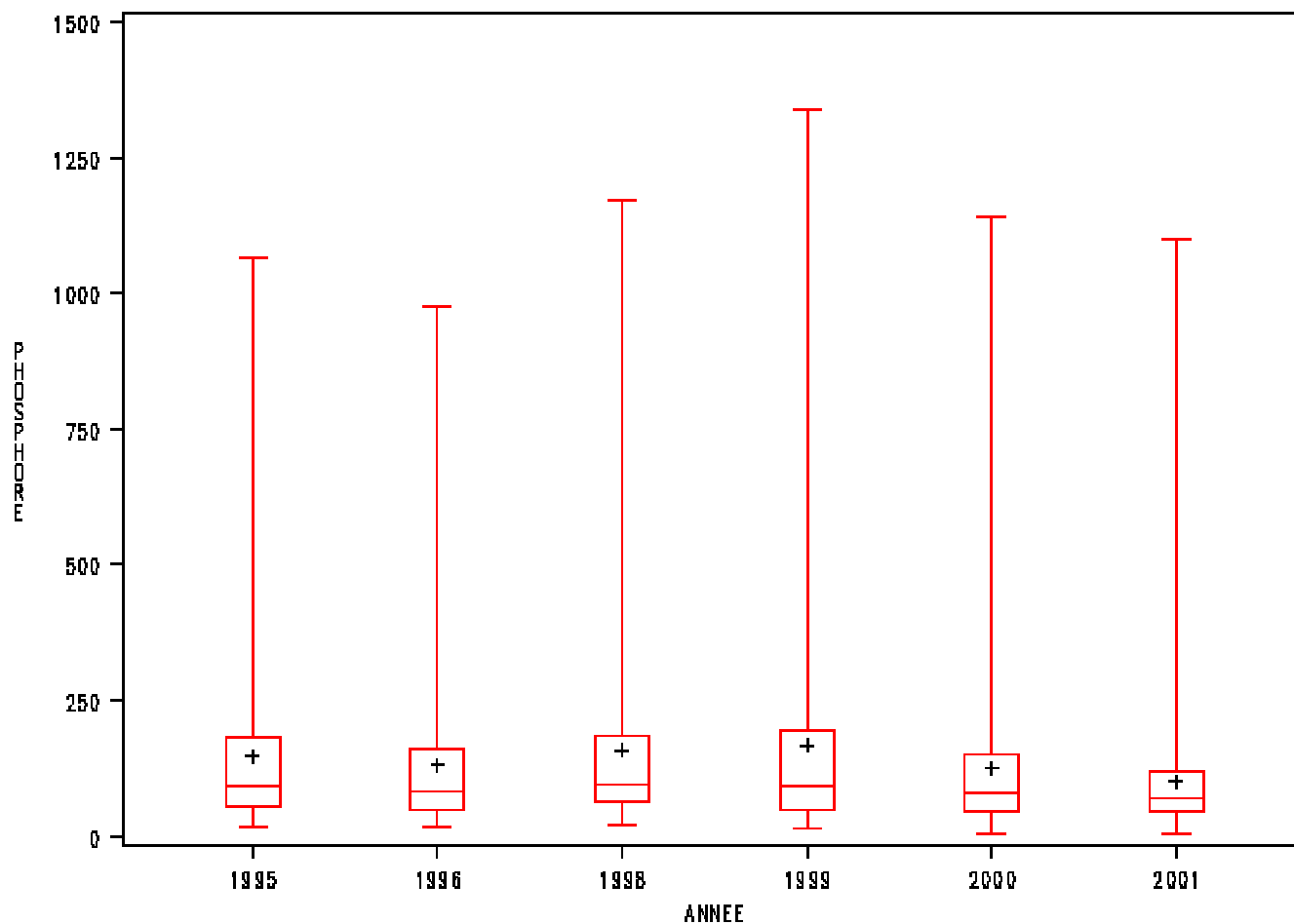


Figure 9 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Mauricie (région = 4)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 5
REGION=5

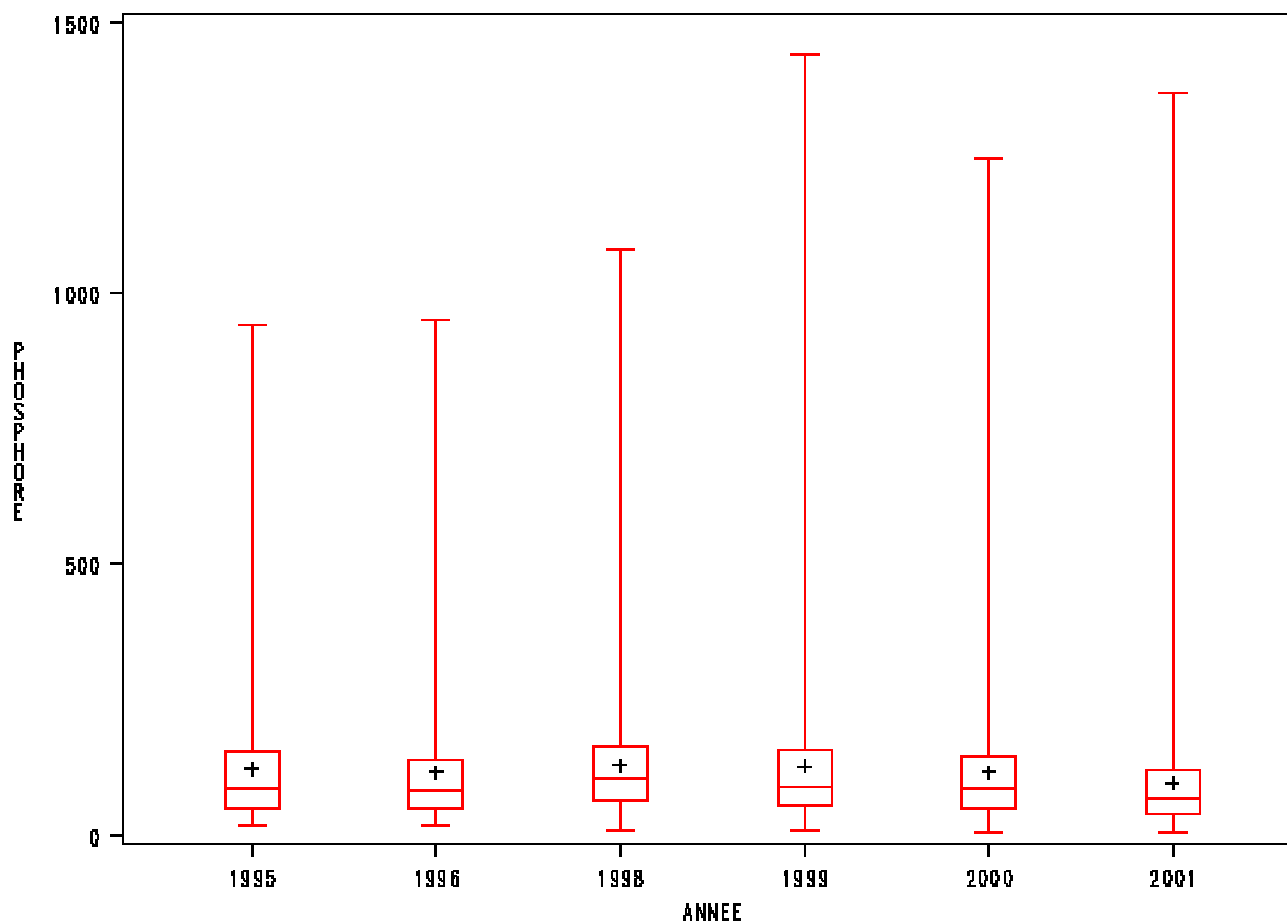


Figure 10 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Estrie (région = 5)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 6
REGION=6

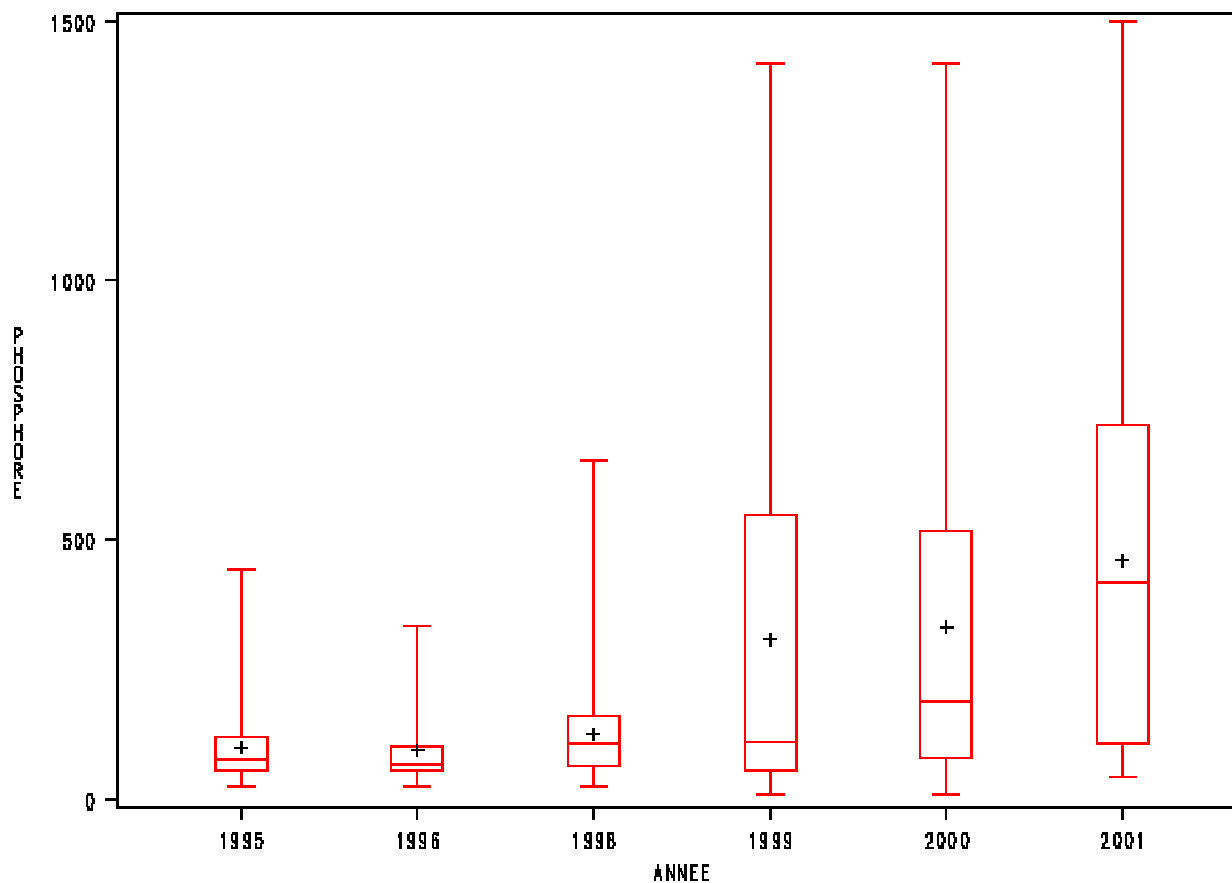


Figure 11 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Montréal (région = 6)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 7
REGION=7

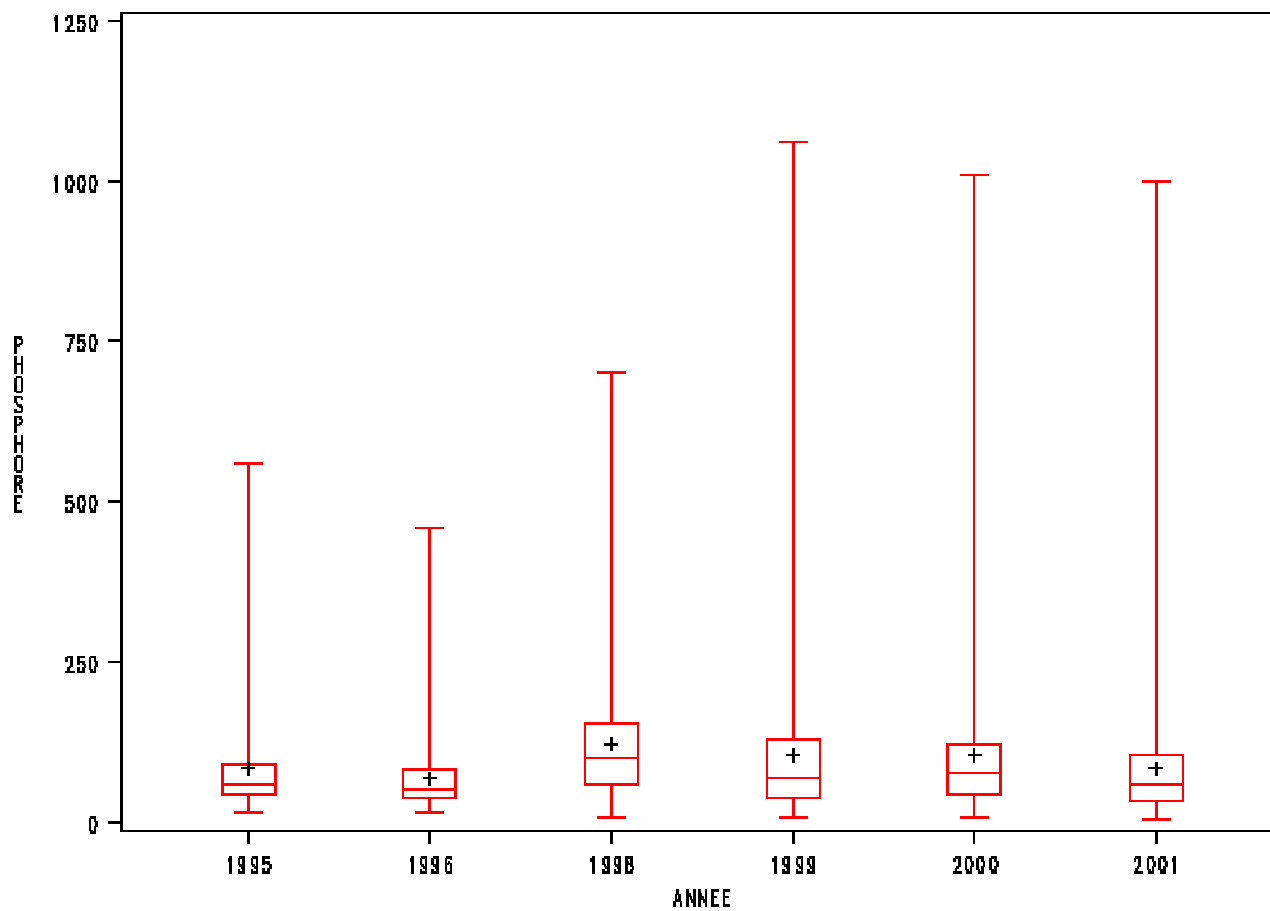


Figure 12 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Outaouais (région = 7)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 8
REGION=8

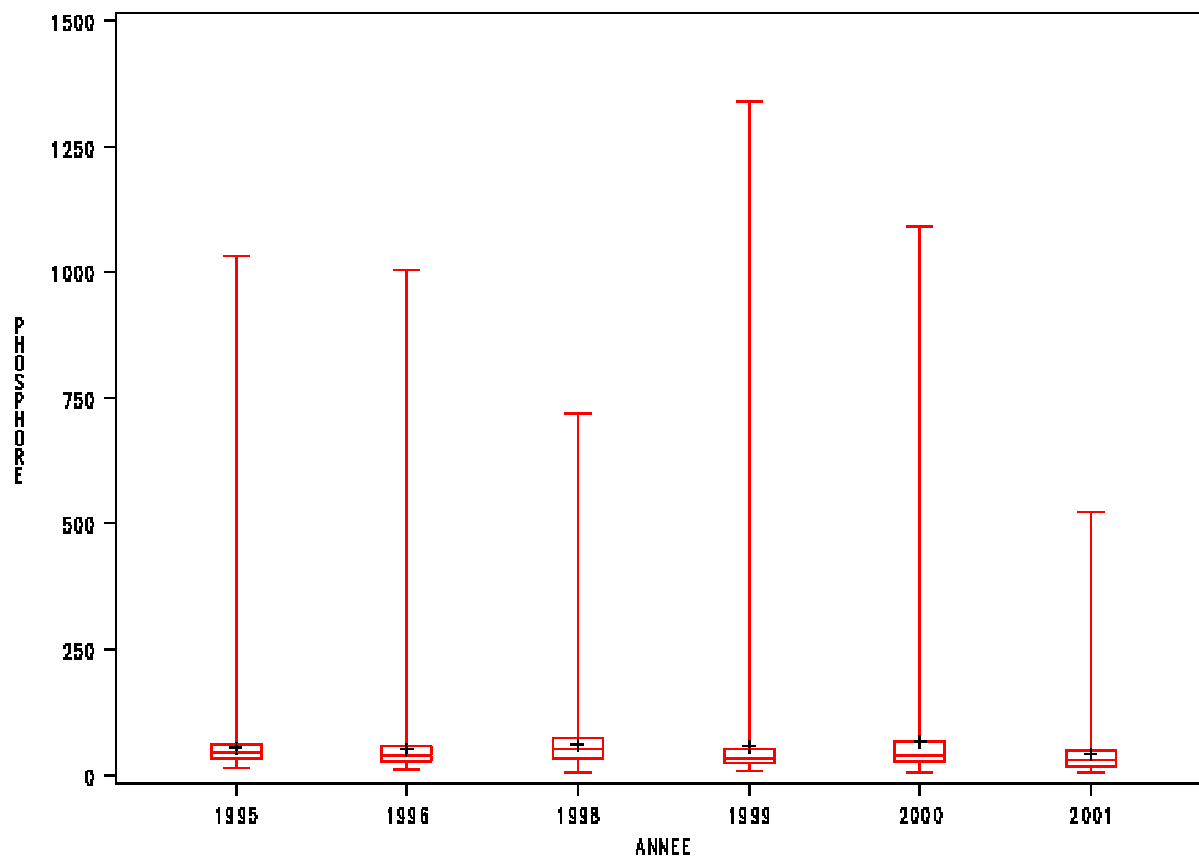


Figure 13 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue (région = 8)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 9
REGION=9

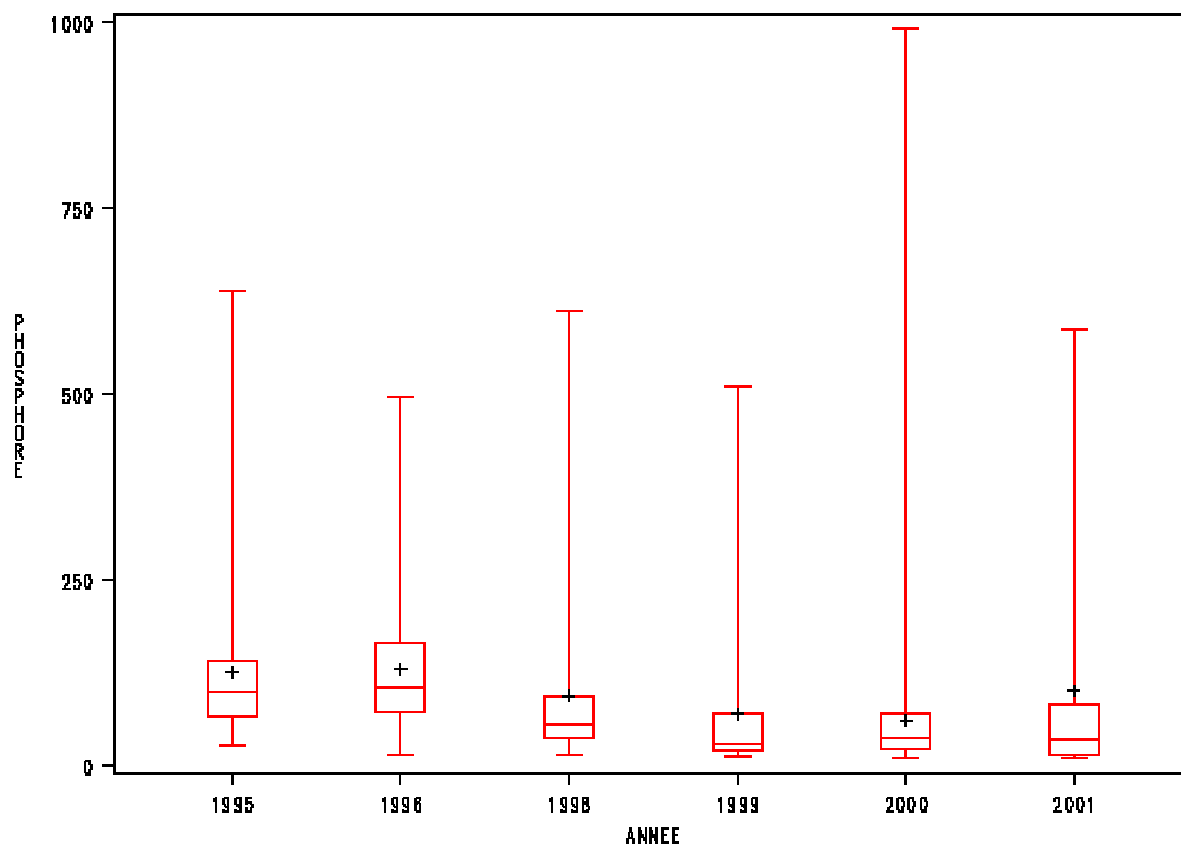


Figure 14 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Côte-Nord (région = 9)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 10
REGION=10

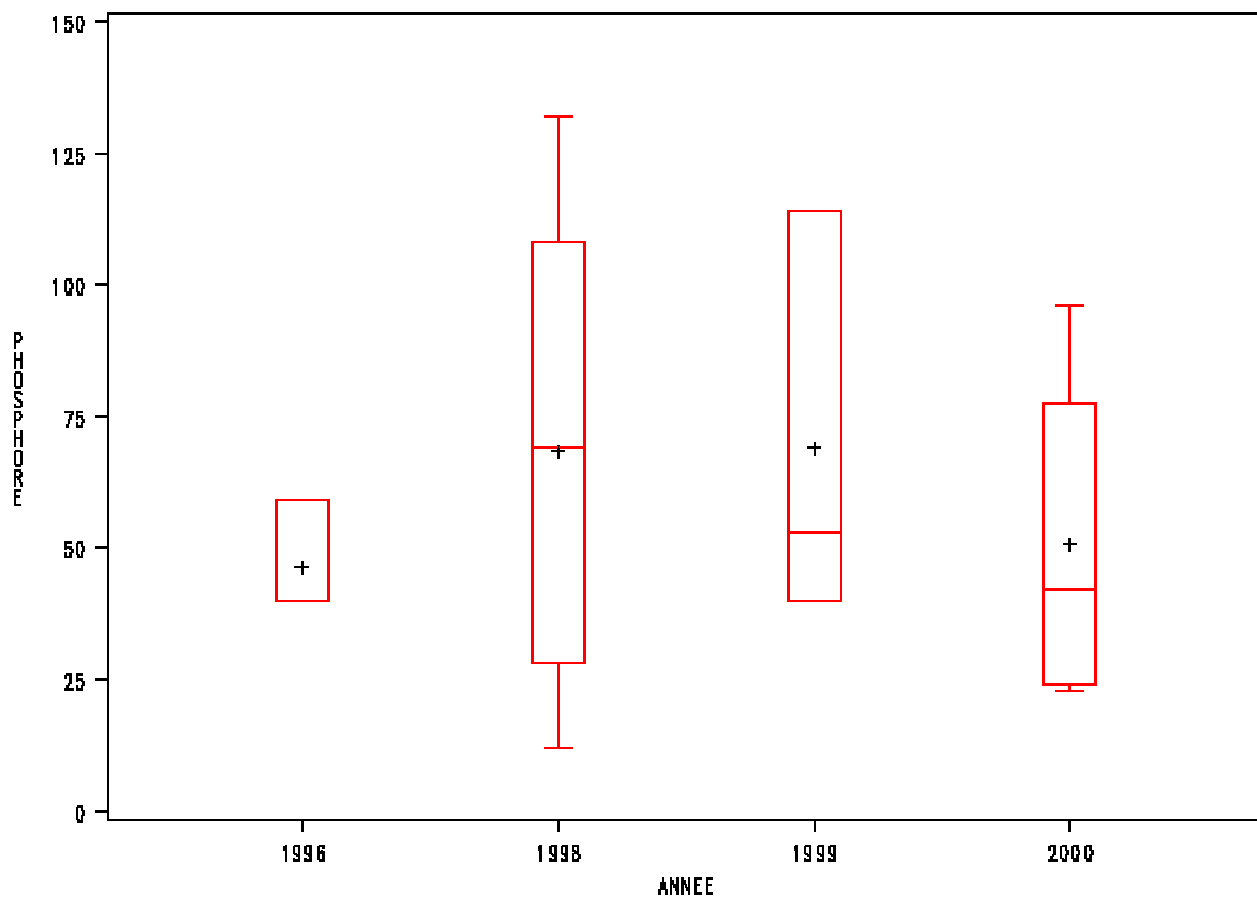


Figure 15 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Nord-du-Québec (région =10)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 11
REGION=11

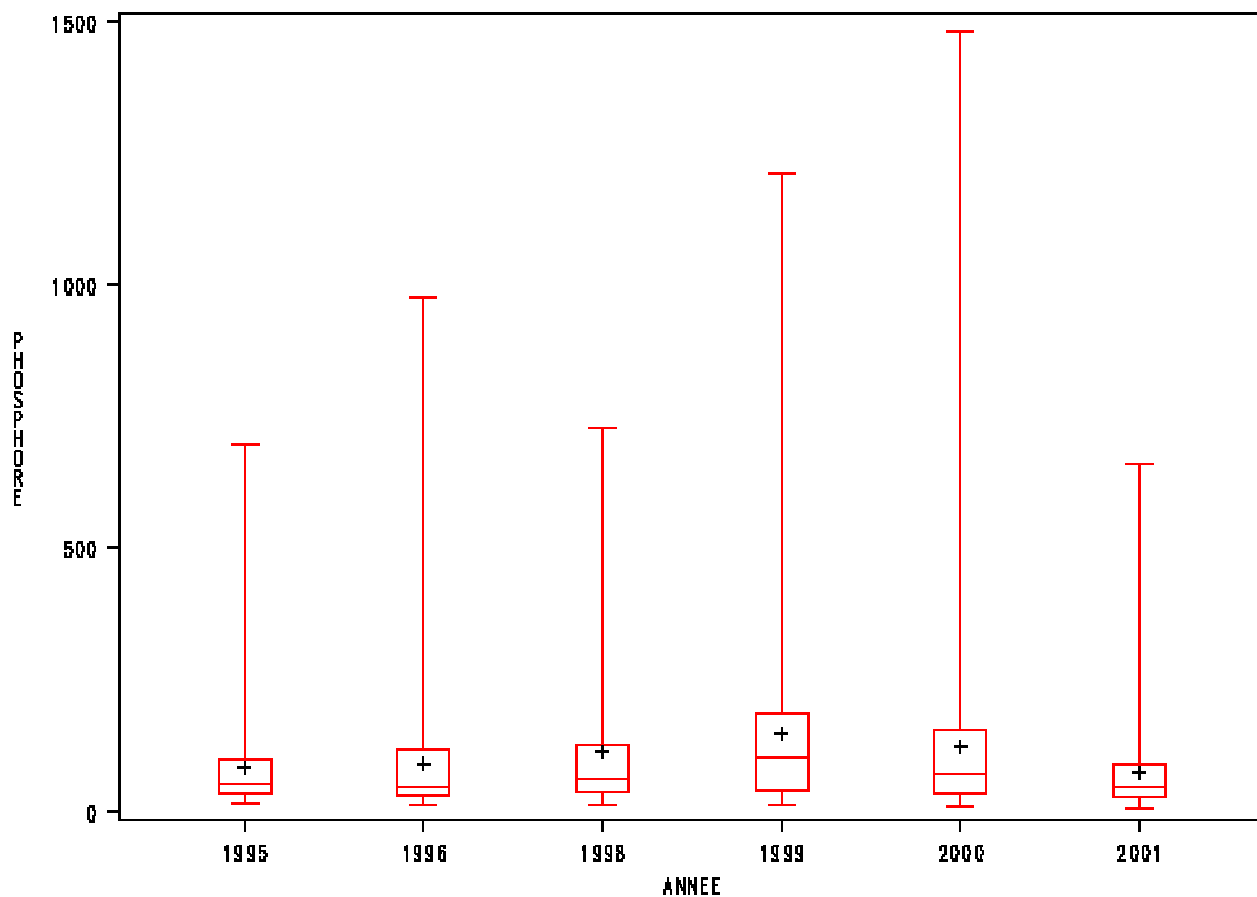


Figure 16 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (région = 11)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 12
REGION=12



Figure 17 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Chaudière-Appalaches (région = 12)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 13
REGION=13

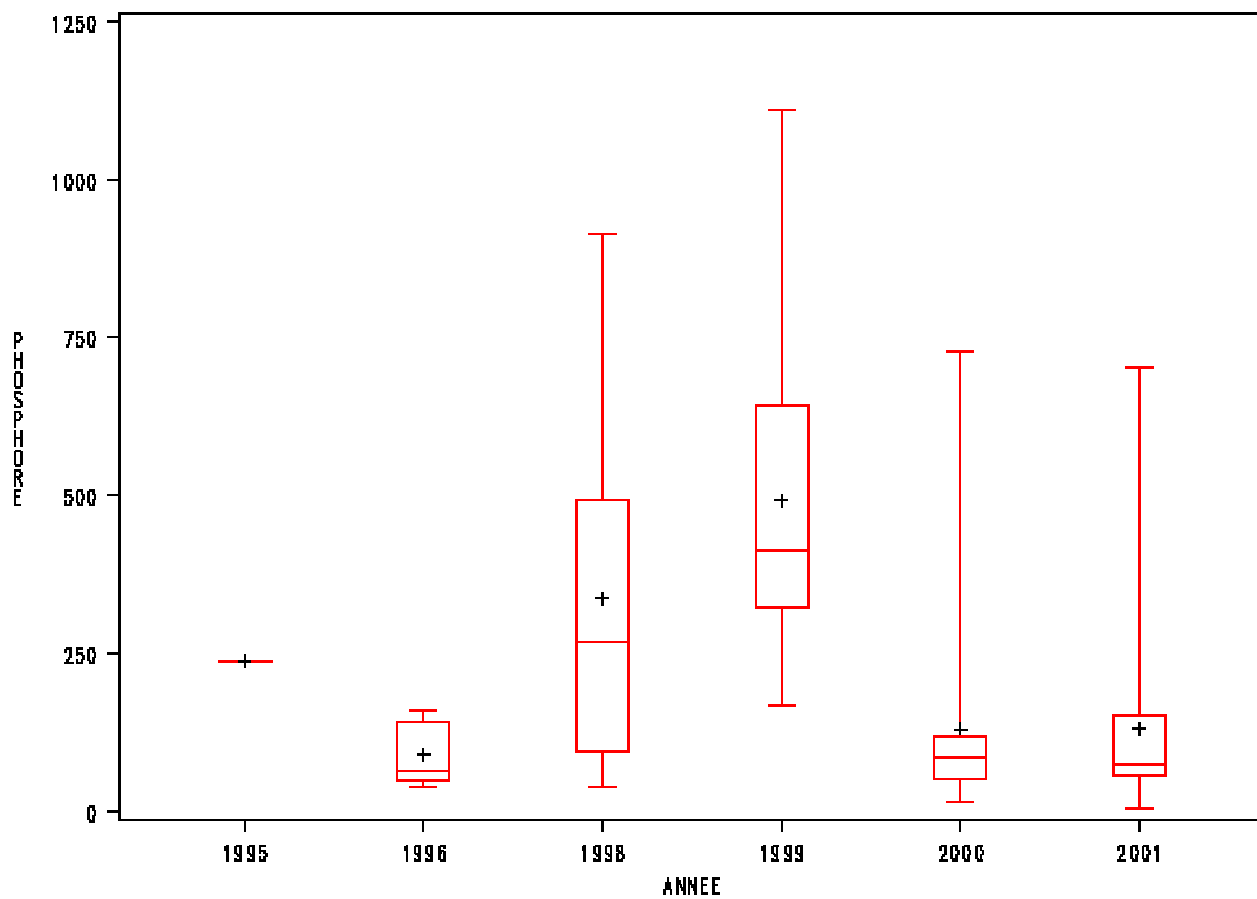


Figure 18 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Laval (région = 13)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 14
REGION=14

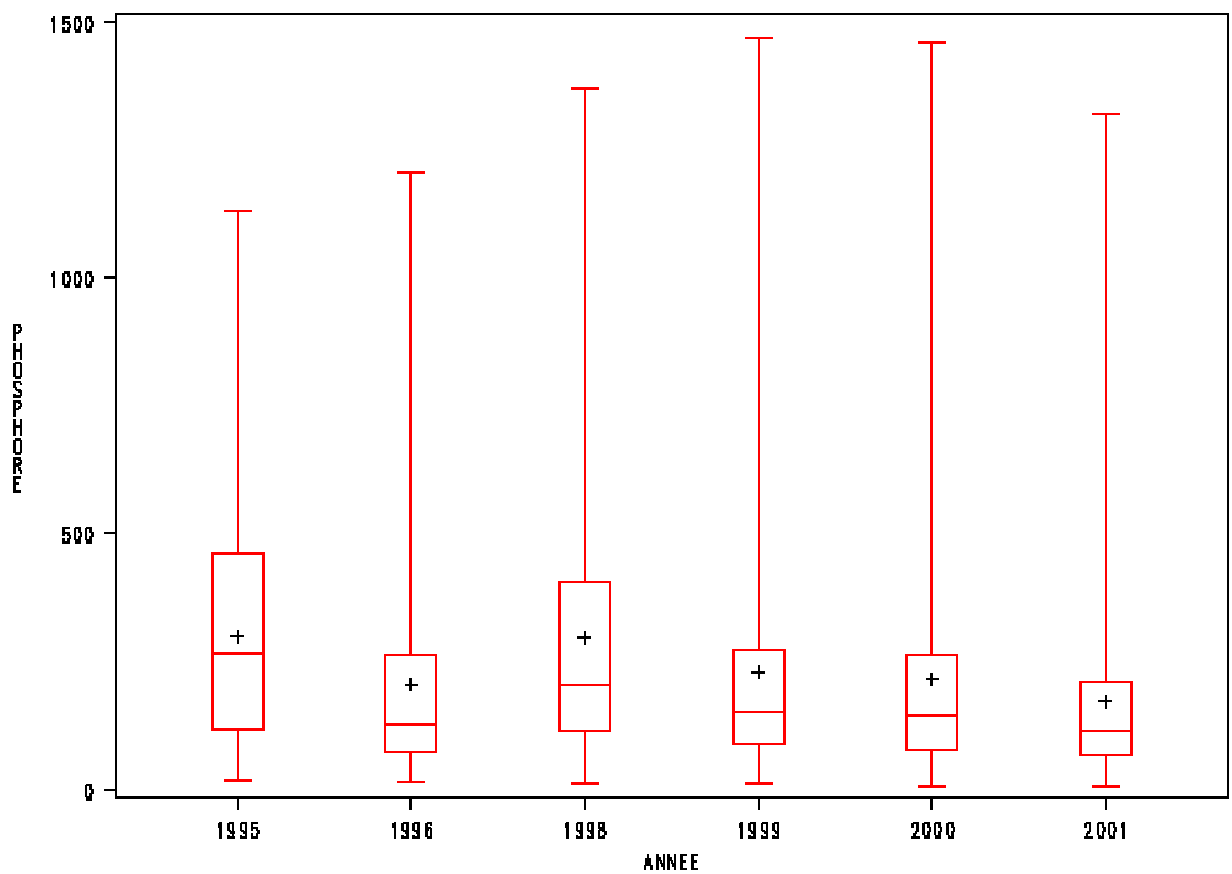


Figure 19 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Lanaudière (région =14)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 15
REGION=15

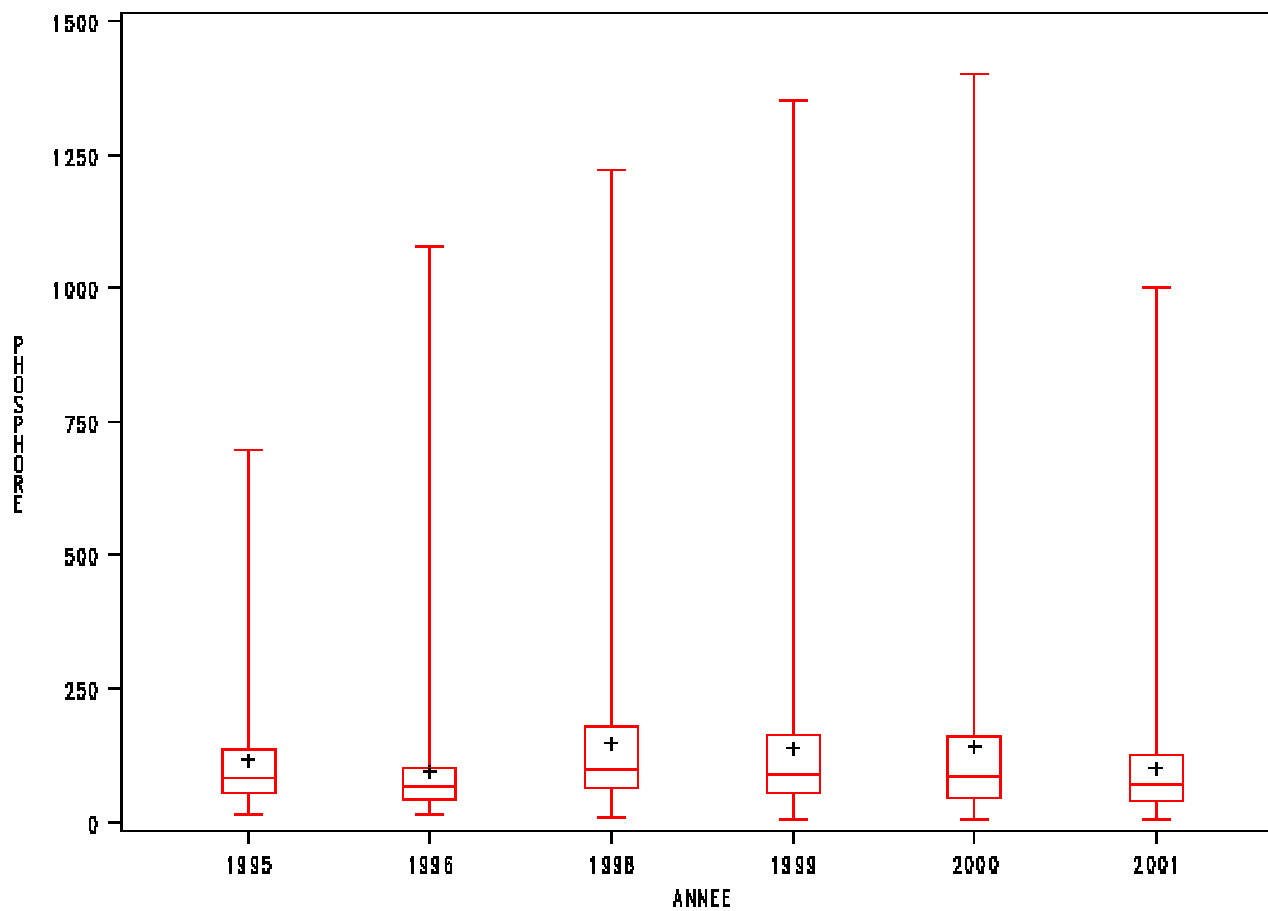


Figure 20 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Laurentides (région =15)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 16
REGION=16

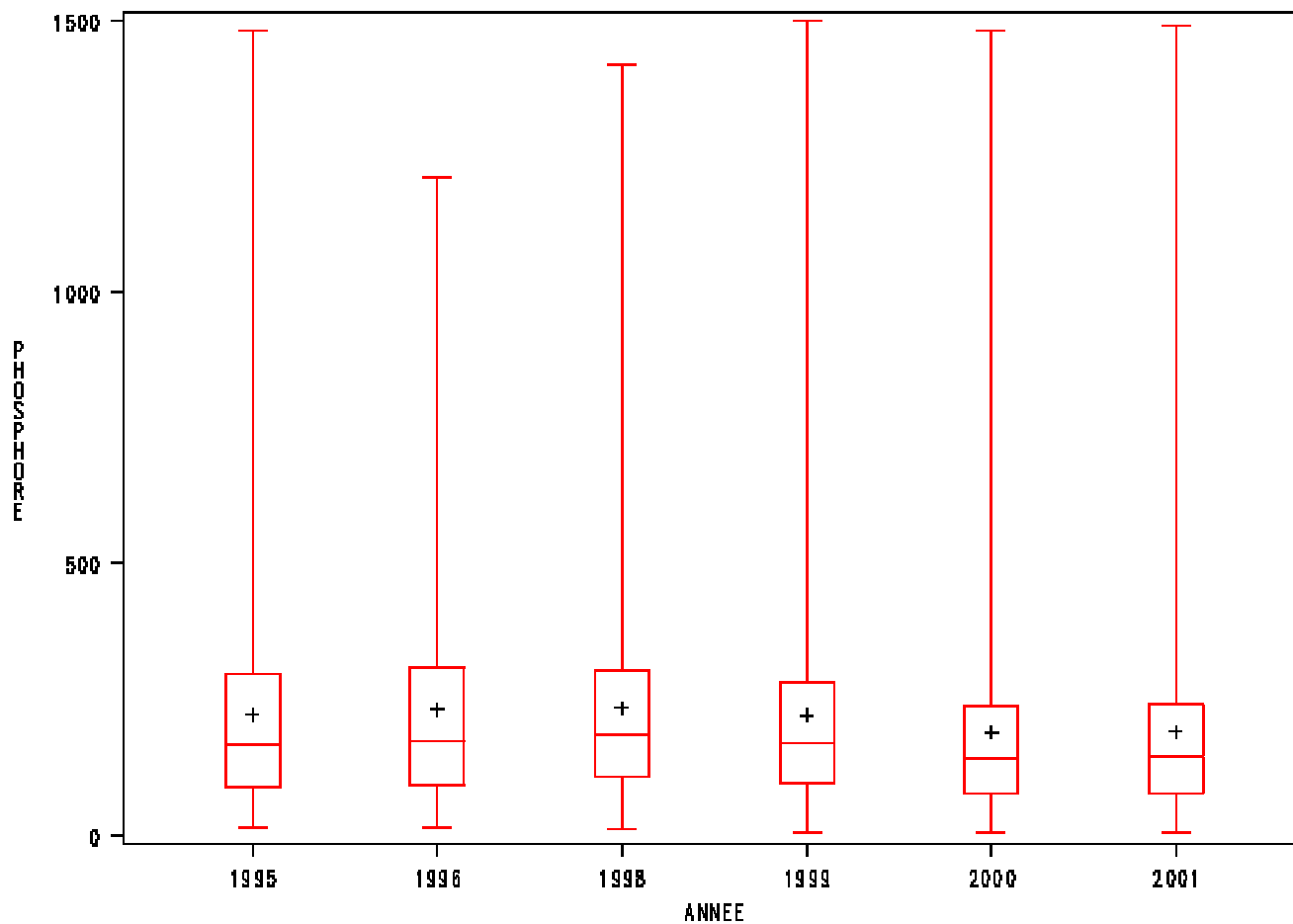


Figure 21 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Montérégie secteur est (région =16)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 18
REGION=18

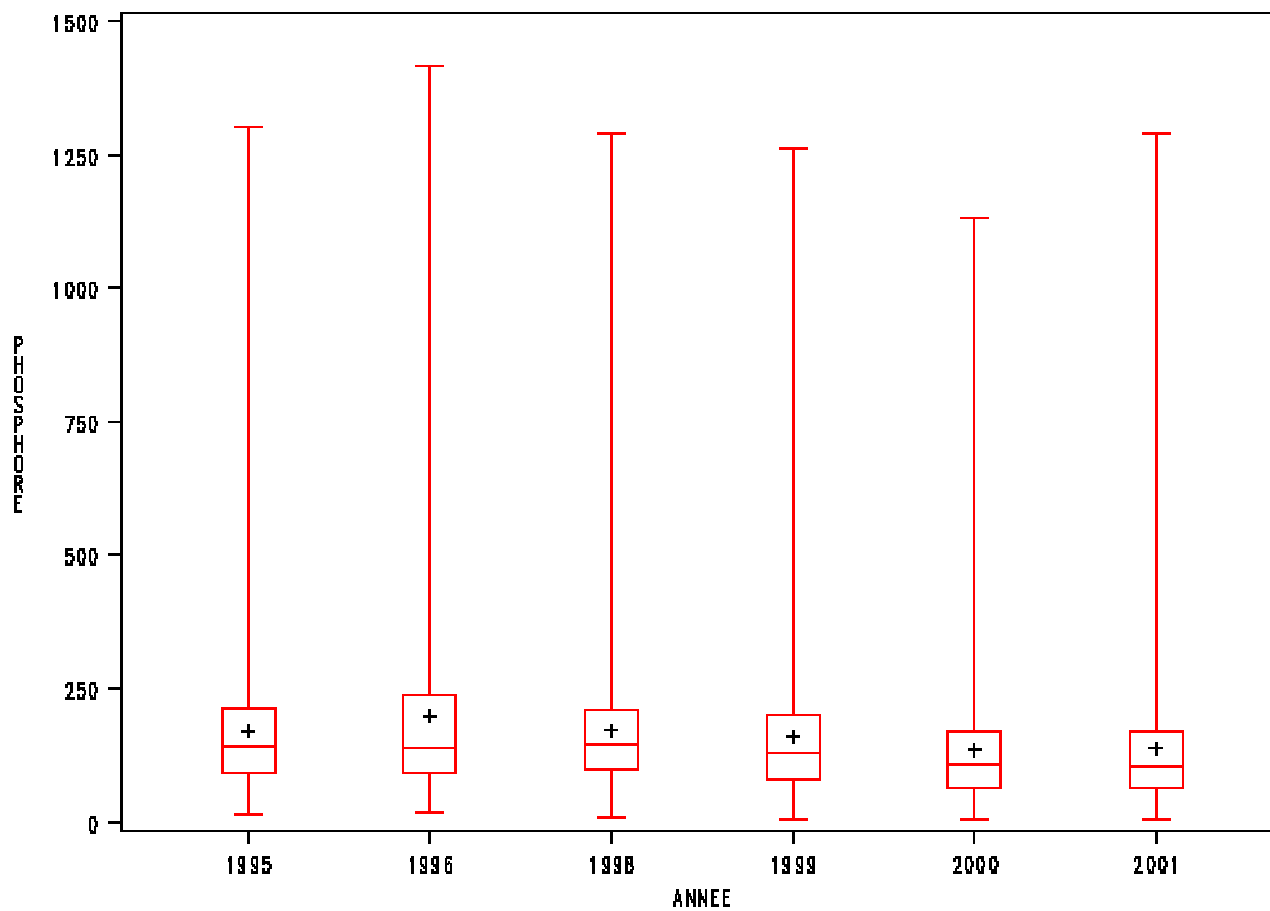


Figure 22 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Montérégie secteur ouest (région = 18)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE PHOSPHORE (kg/ha) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 17
REGION=17

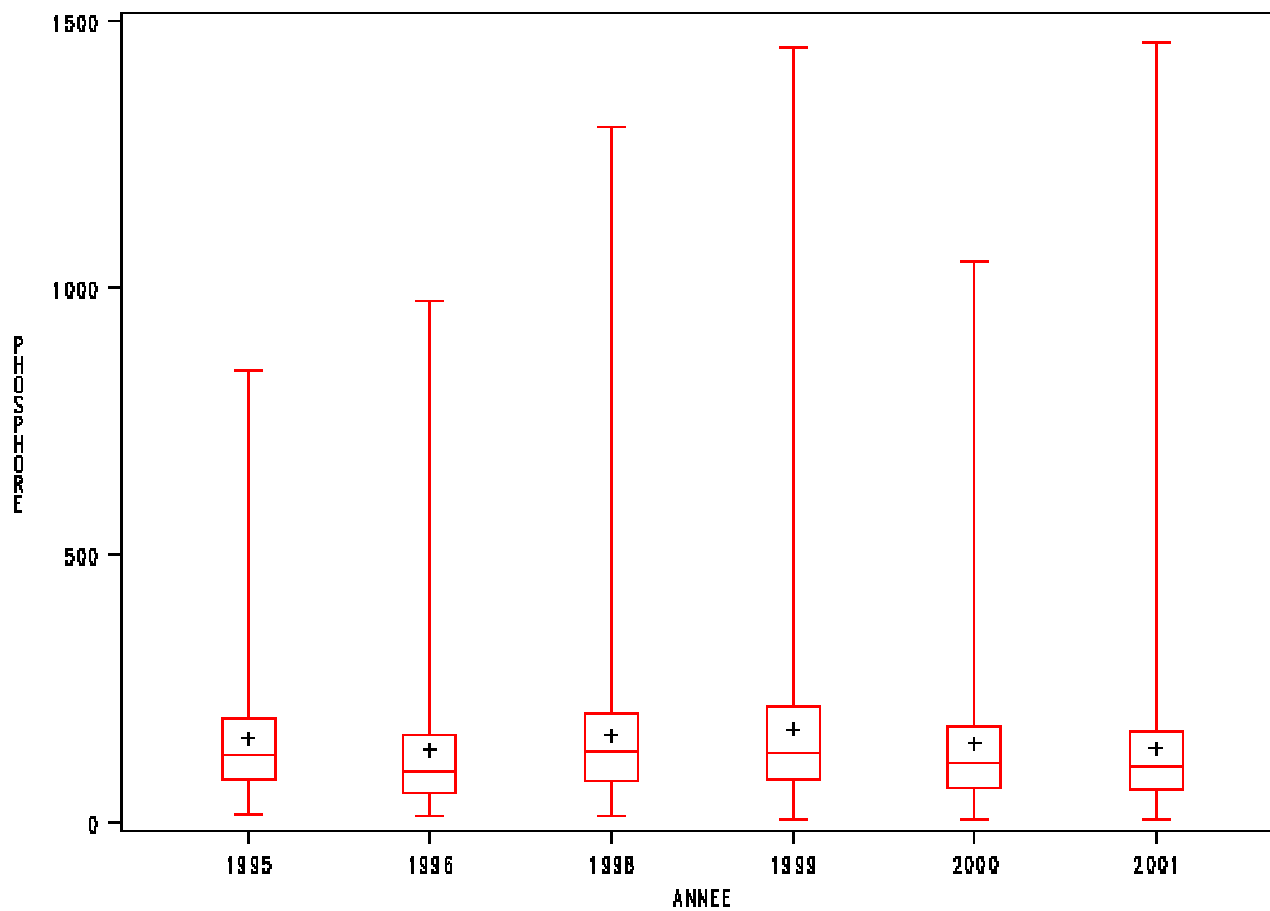


Figure 23 Distribution annuelle des observations du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Centre-du-Québec (région =17)

Annexe 2 Distribution annuelle par classe de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la province et pour les diverses régions administratives du Québec

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE POUR LE QUEBEC

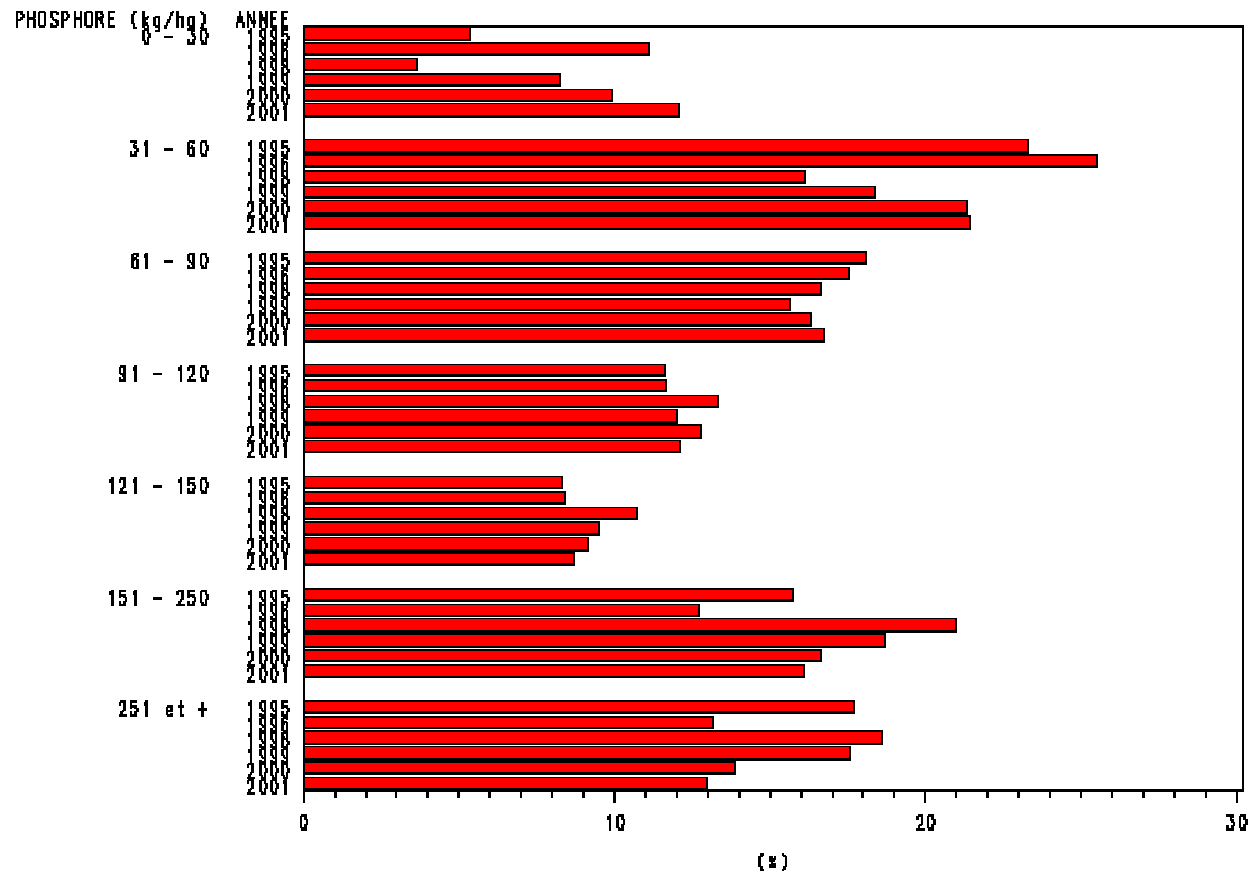


Figure 24 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la province

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 1
REGION=1

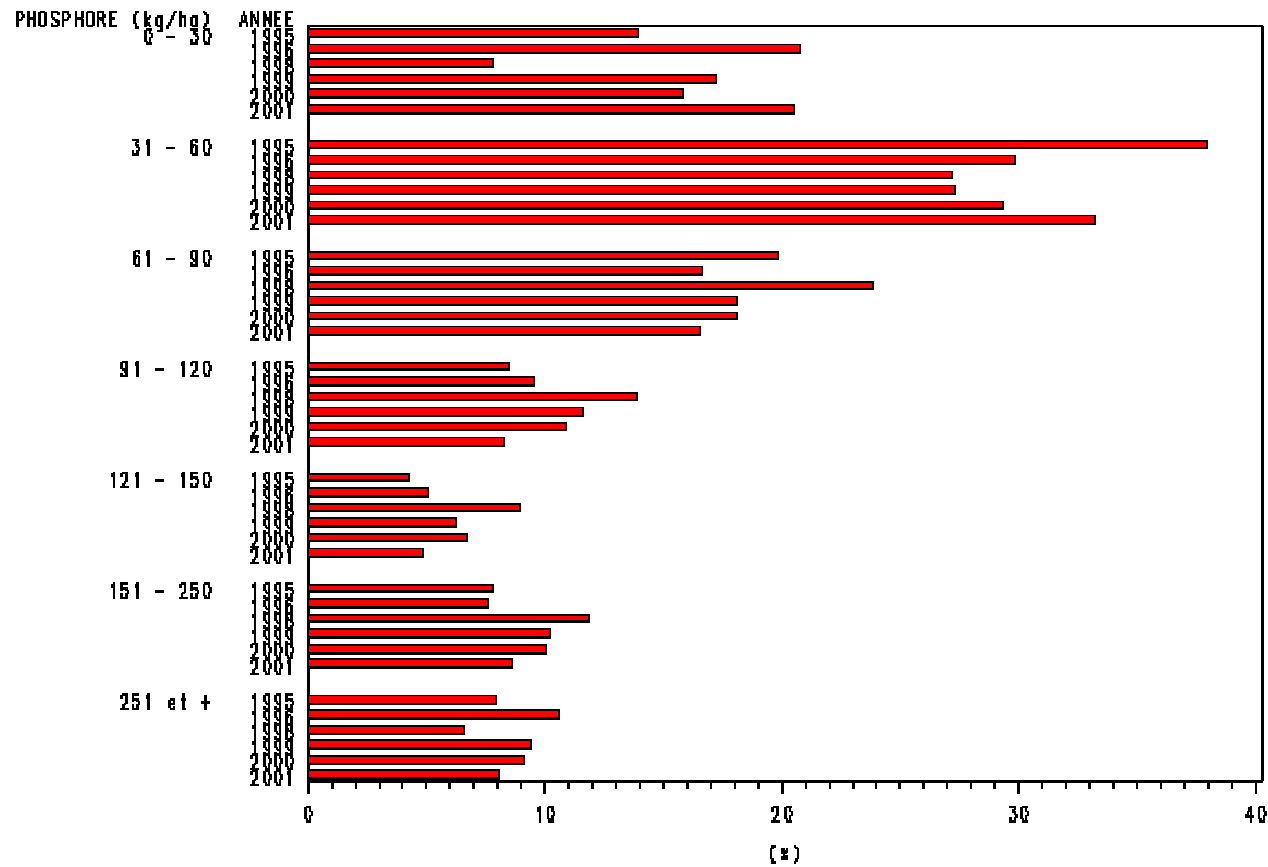


Figure 25 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Bas Saint-Laurent (région =1)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 2
 REGION=2

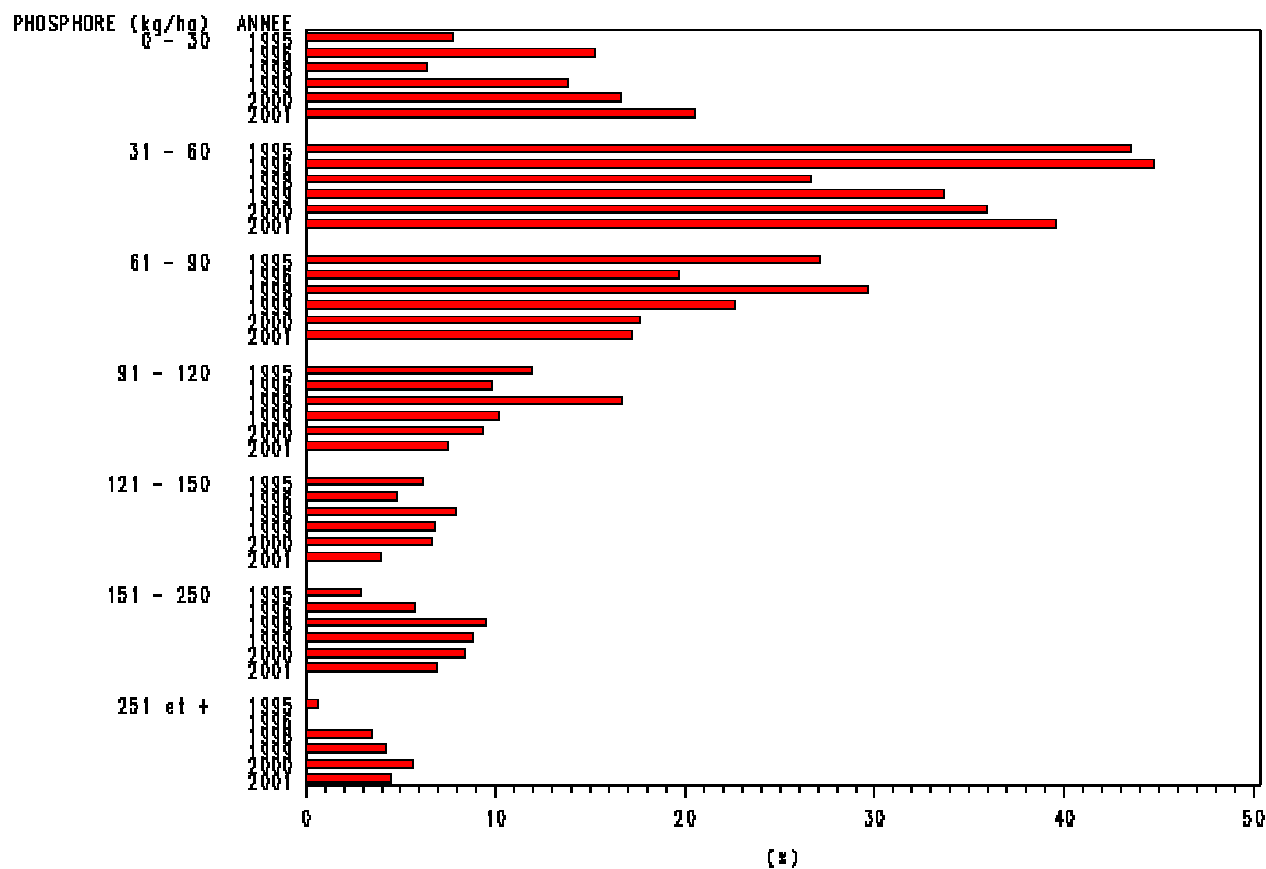


Figure 26 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Saguenay-Lac-St-Jean (région = 2)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 3
 REGION=3

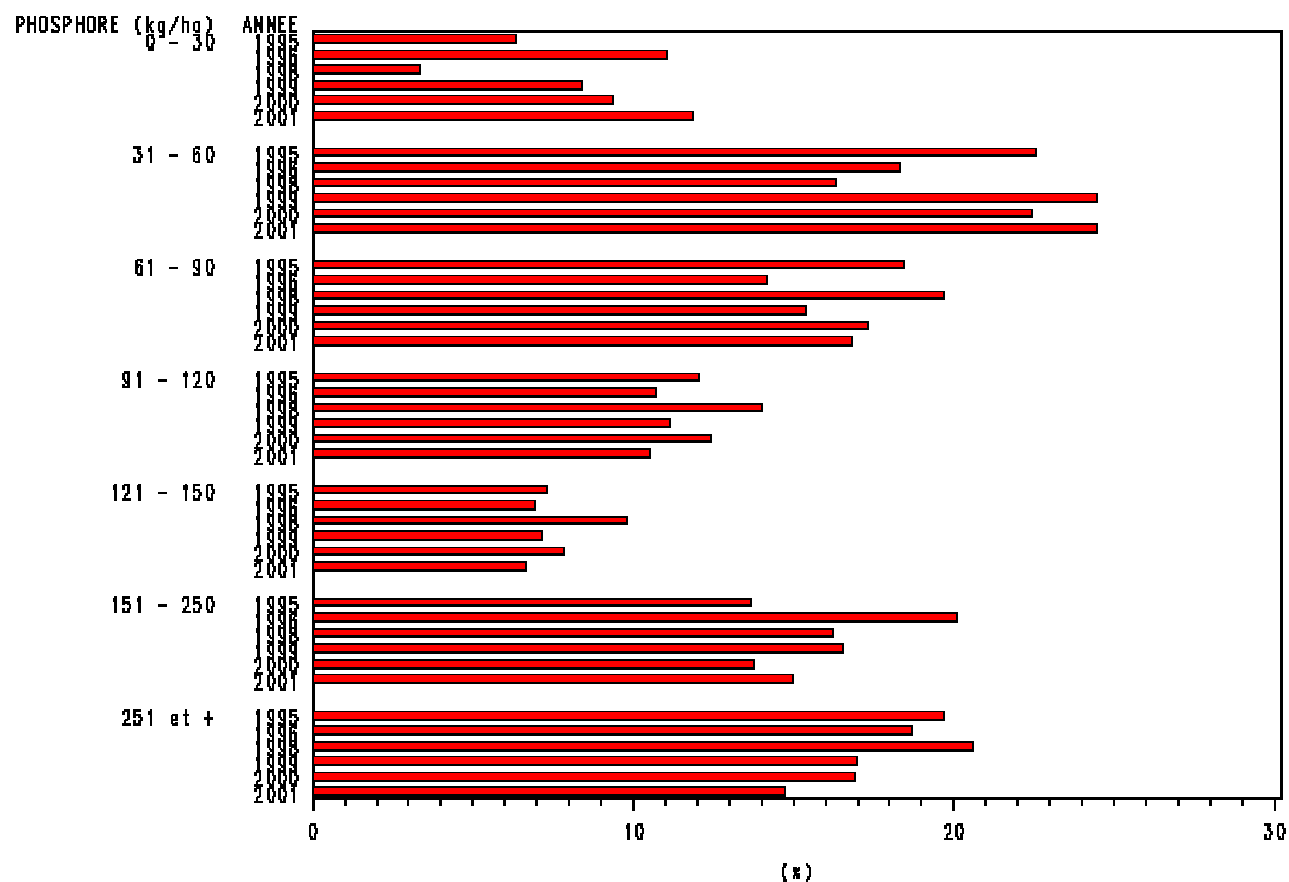


Figure 27 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Capitale Nationale (région = 3)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 4
 REGION=4

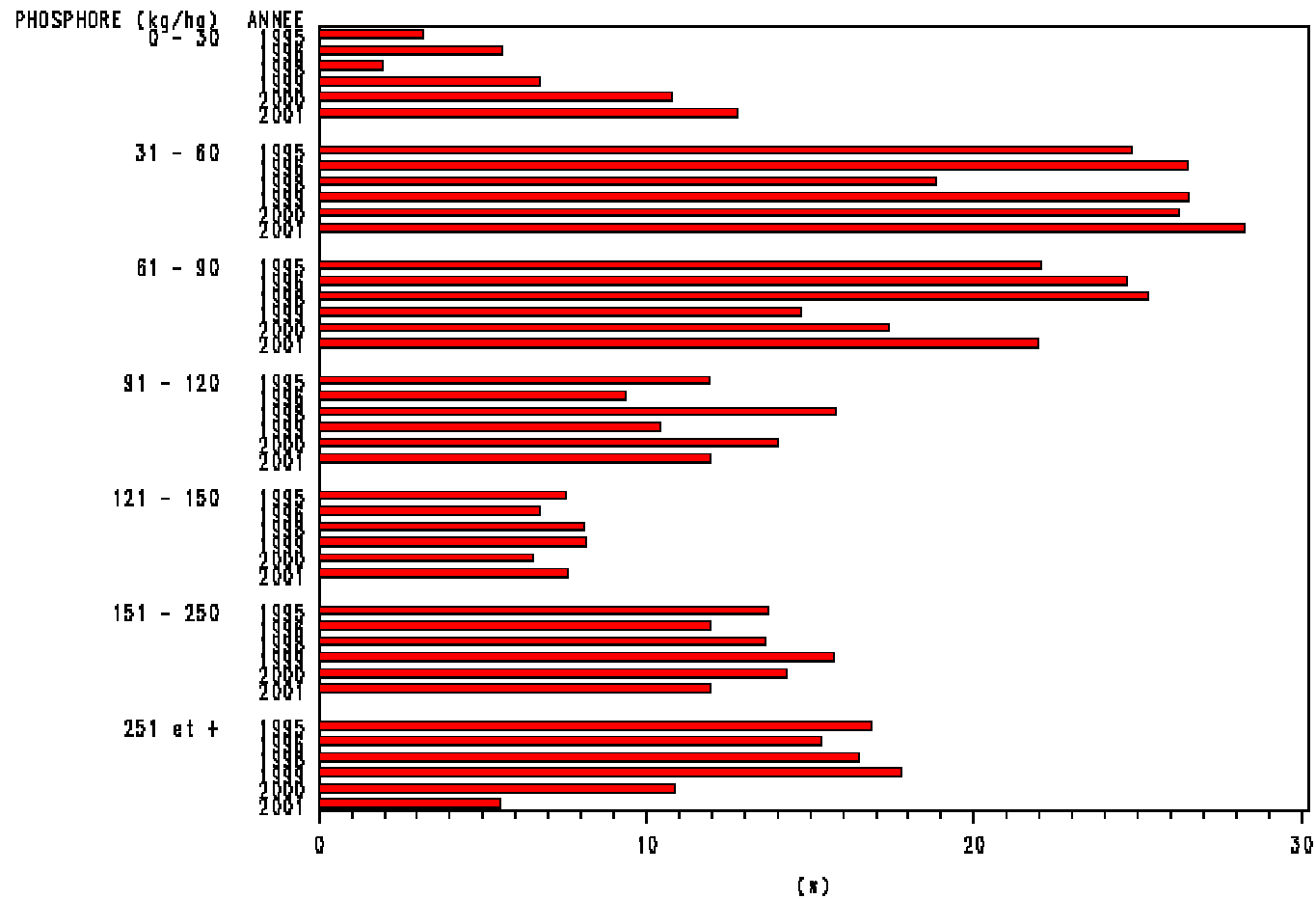


Figure 28 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Mauricie (région = 4)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 5
 REGION=5

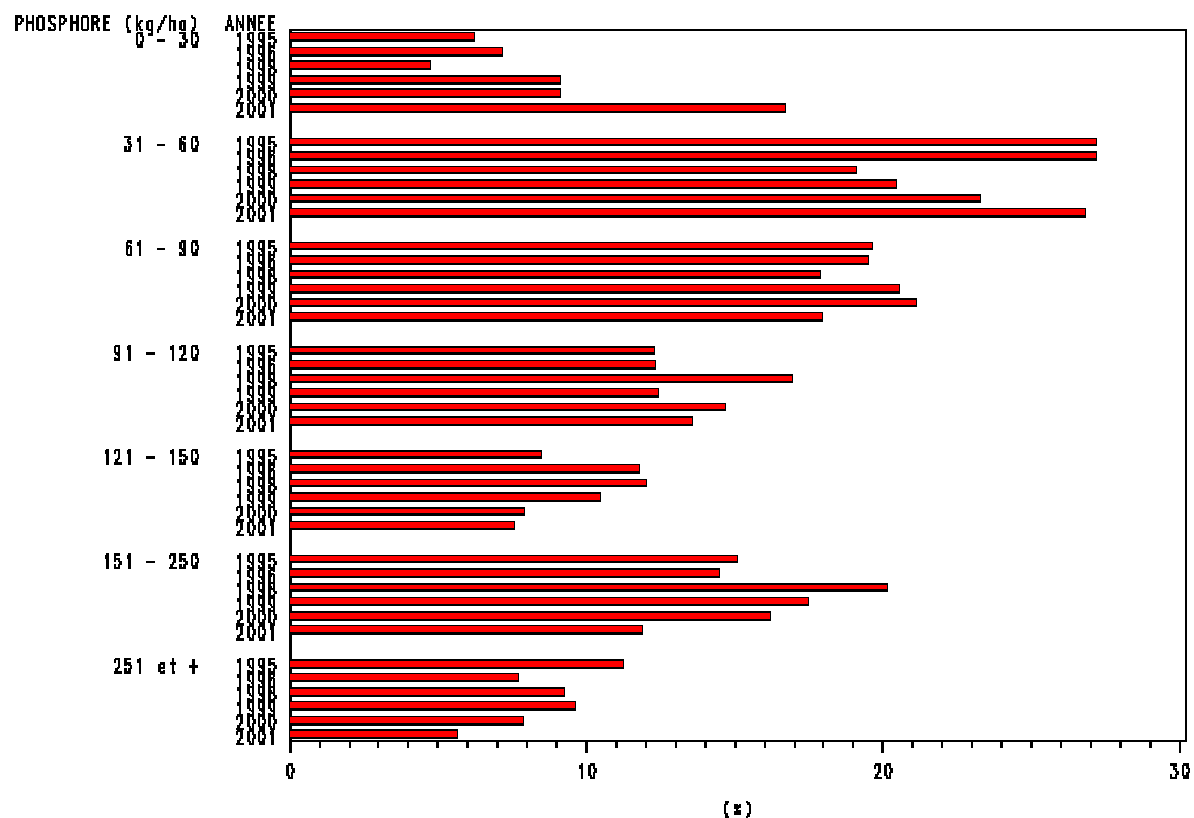


Figure 29 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Estrie (région = 5)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 6
REGION=6

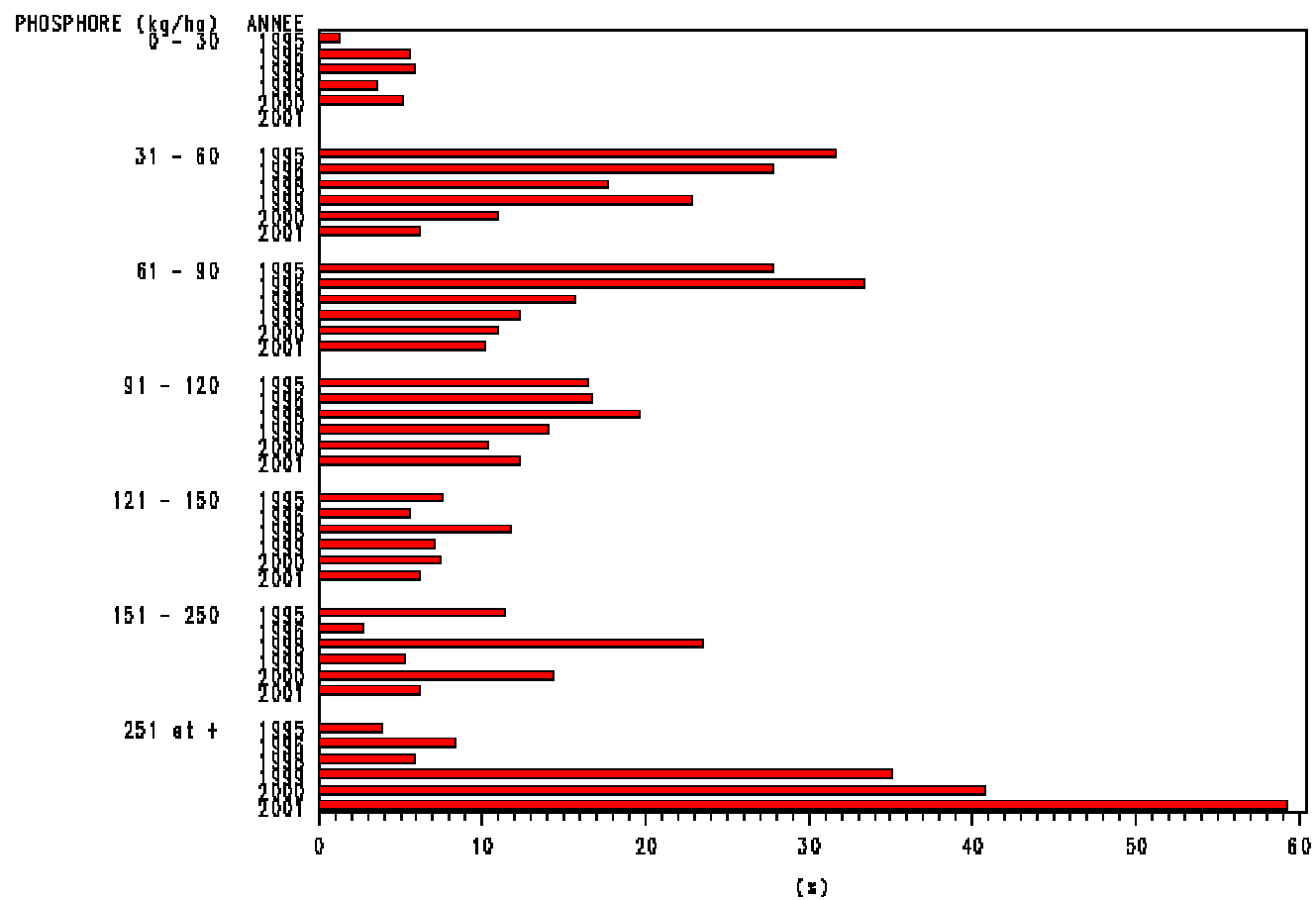


Figure 30 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Montréal (région = 6)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 7
REGION=7

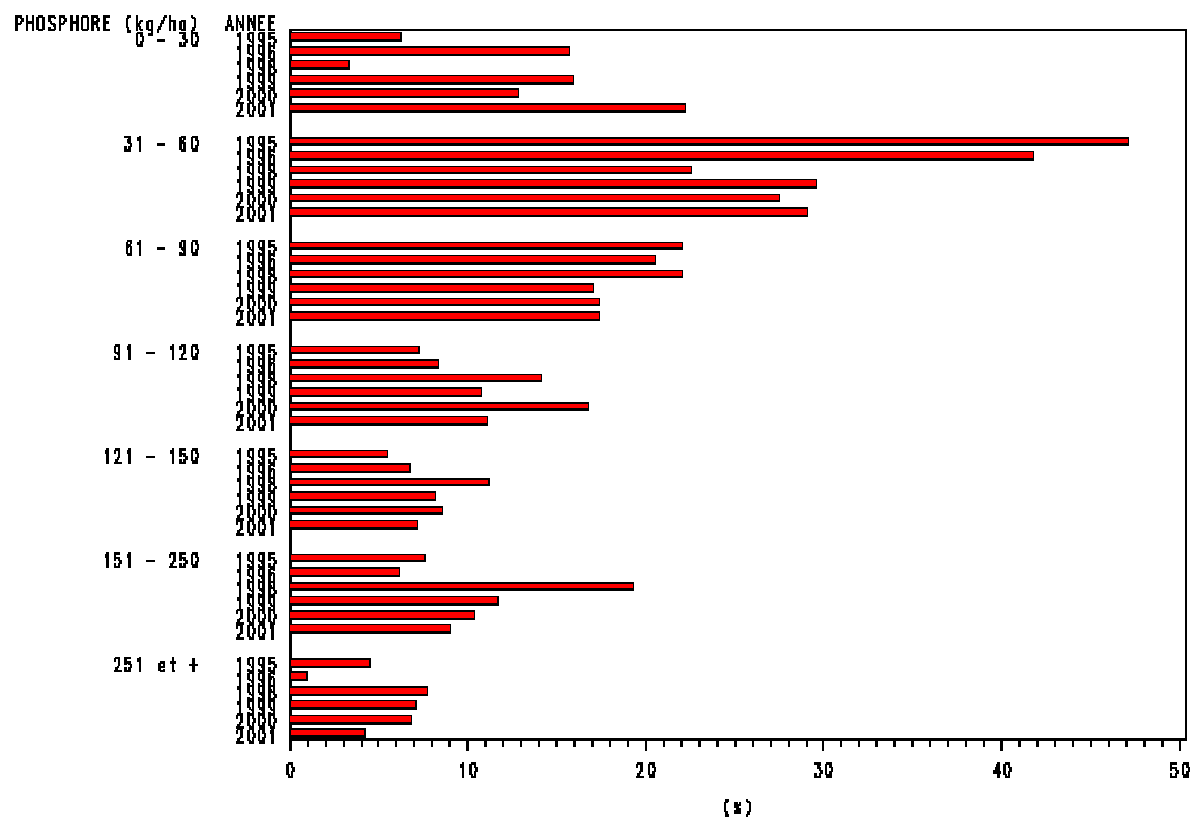


Figure 31 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Outaouais (région = 7)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 8
REGION=8

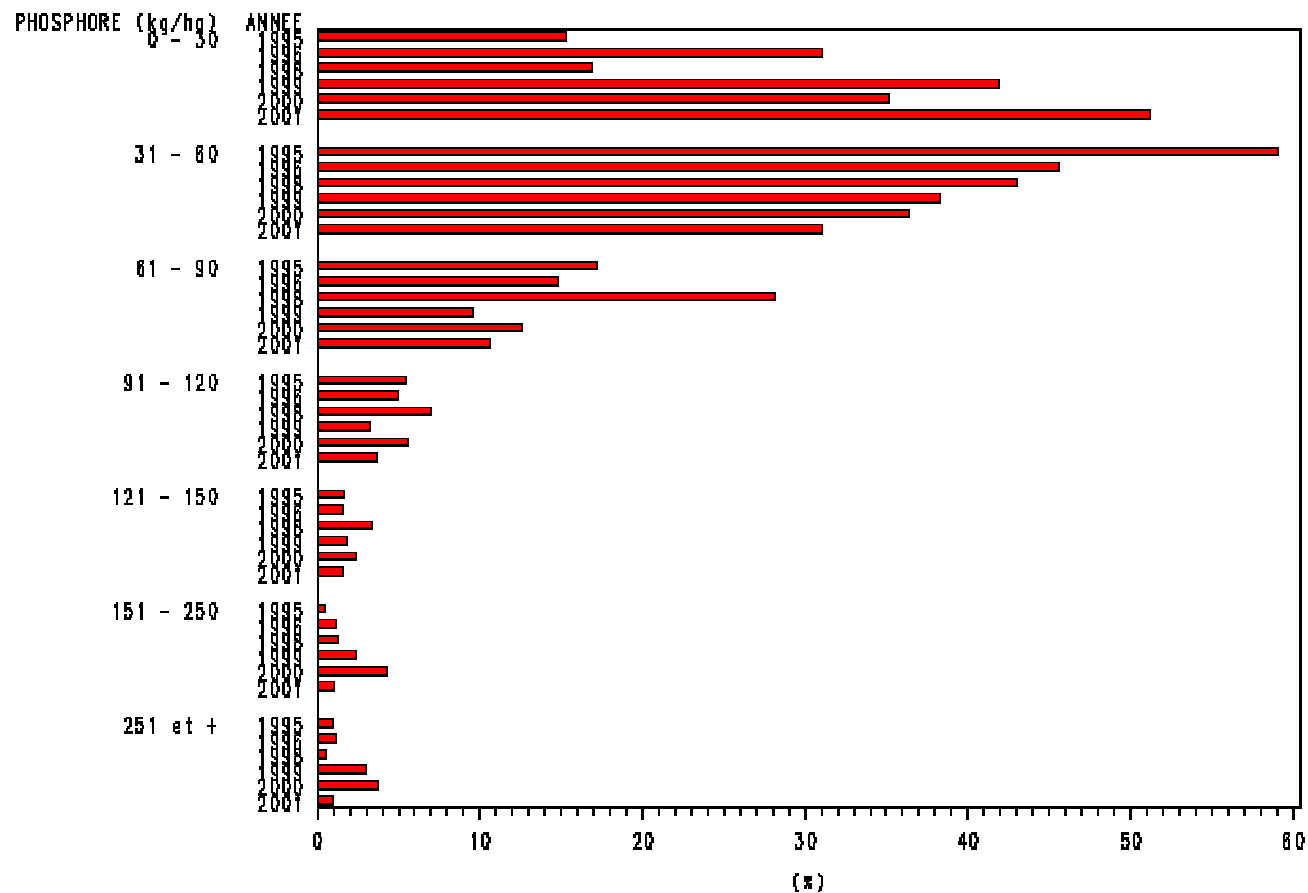


Figure 32 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue (région = 8)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 9
 REGION=9

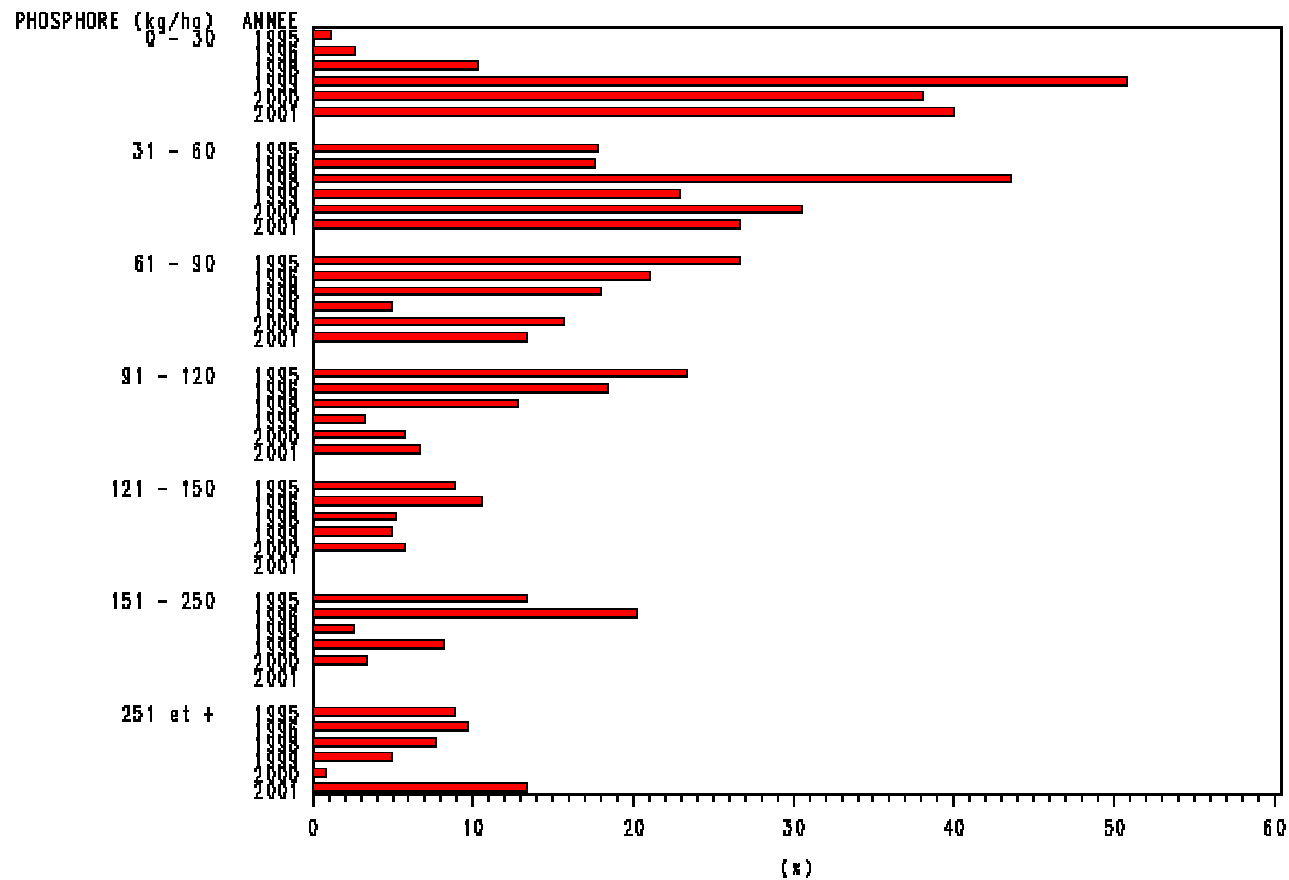


Figure 33 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Côte-Nord (région = 9)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 10
 REGION=10

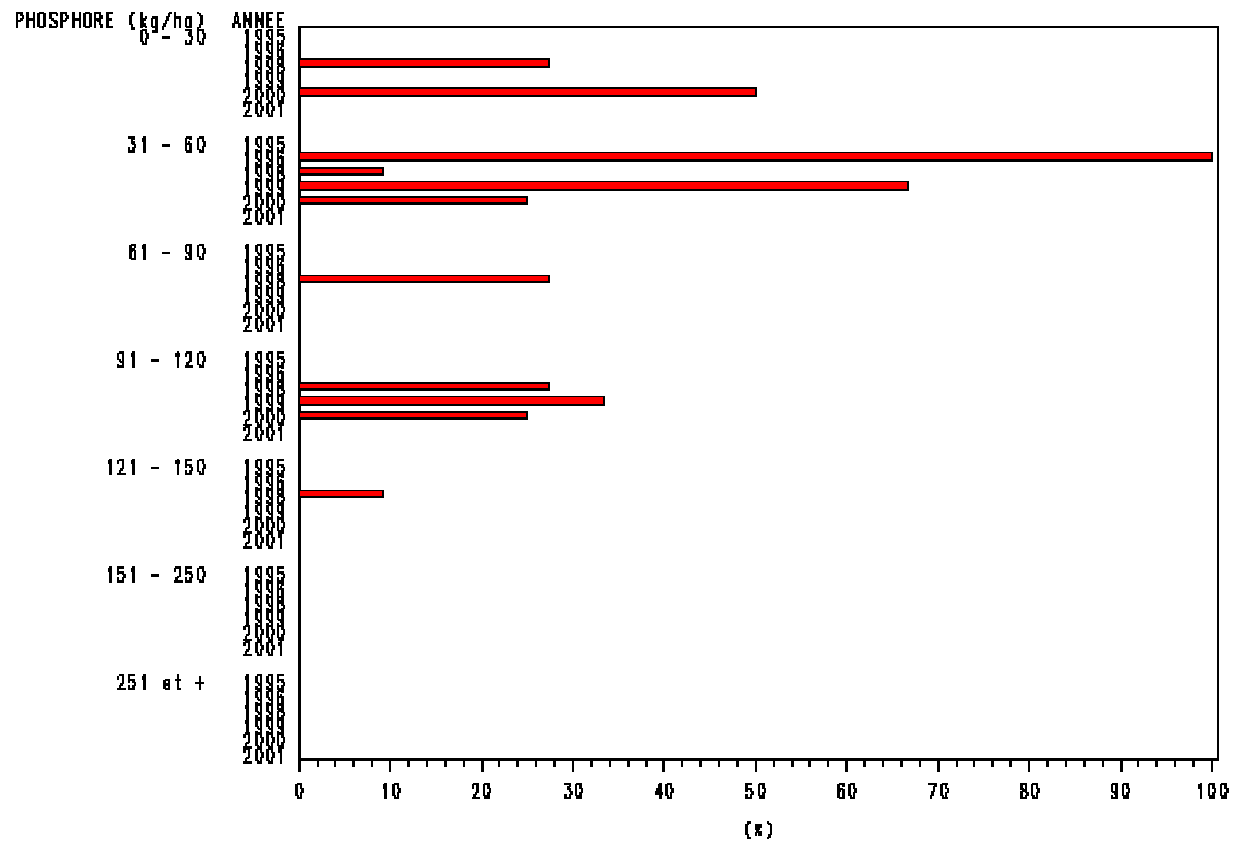


Figure 34 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Nord-du-Québec (région = 10)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 11
 REGION=11

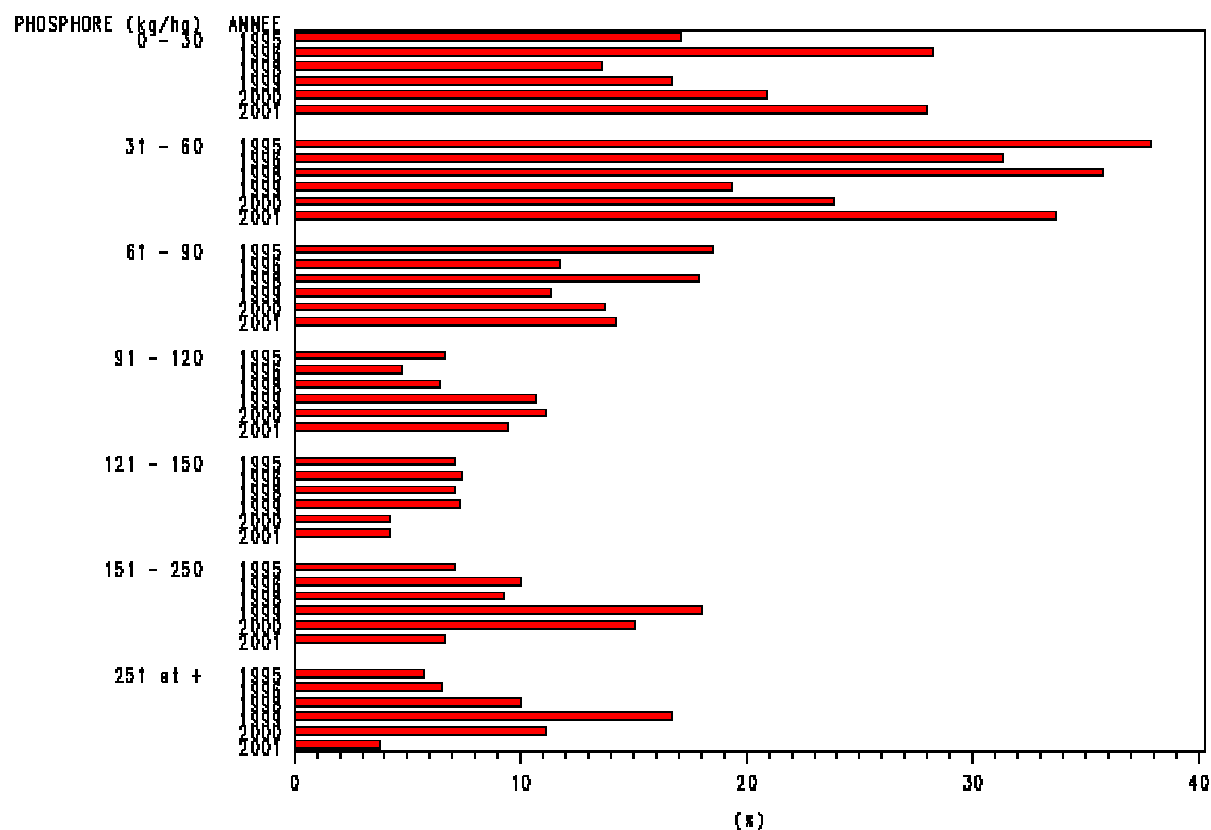


Figure 35 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (région = 11)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 12
 REGION=12

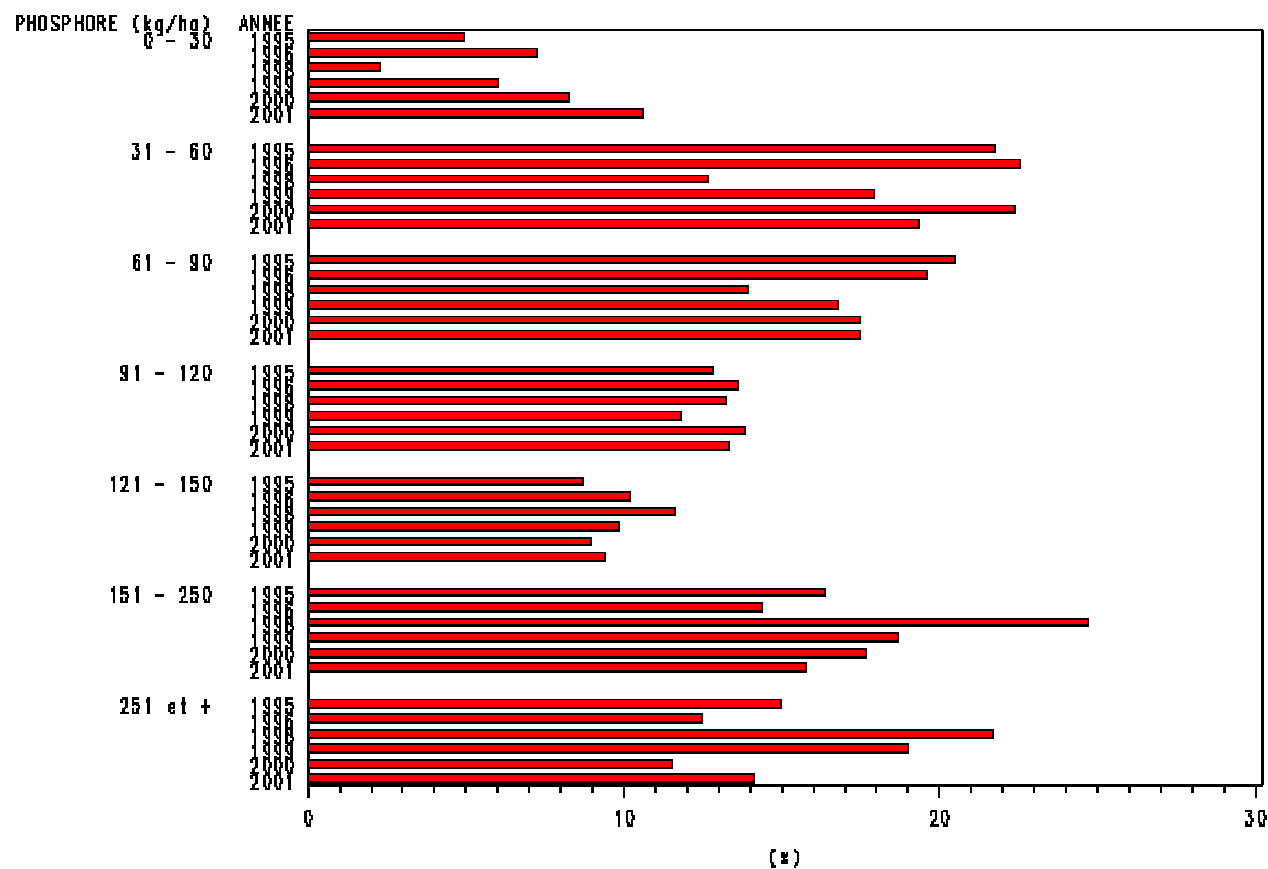


Figure 36 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Chaudière-Appalaches (région = 12)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 13
 REGION=13

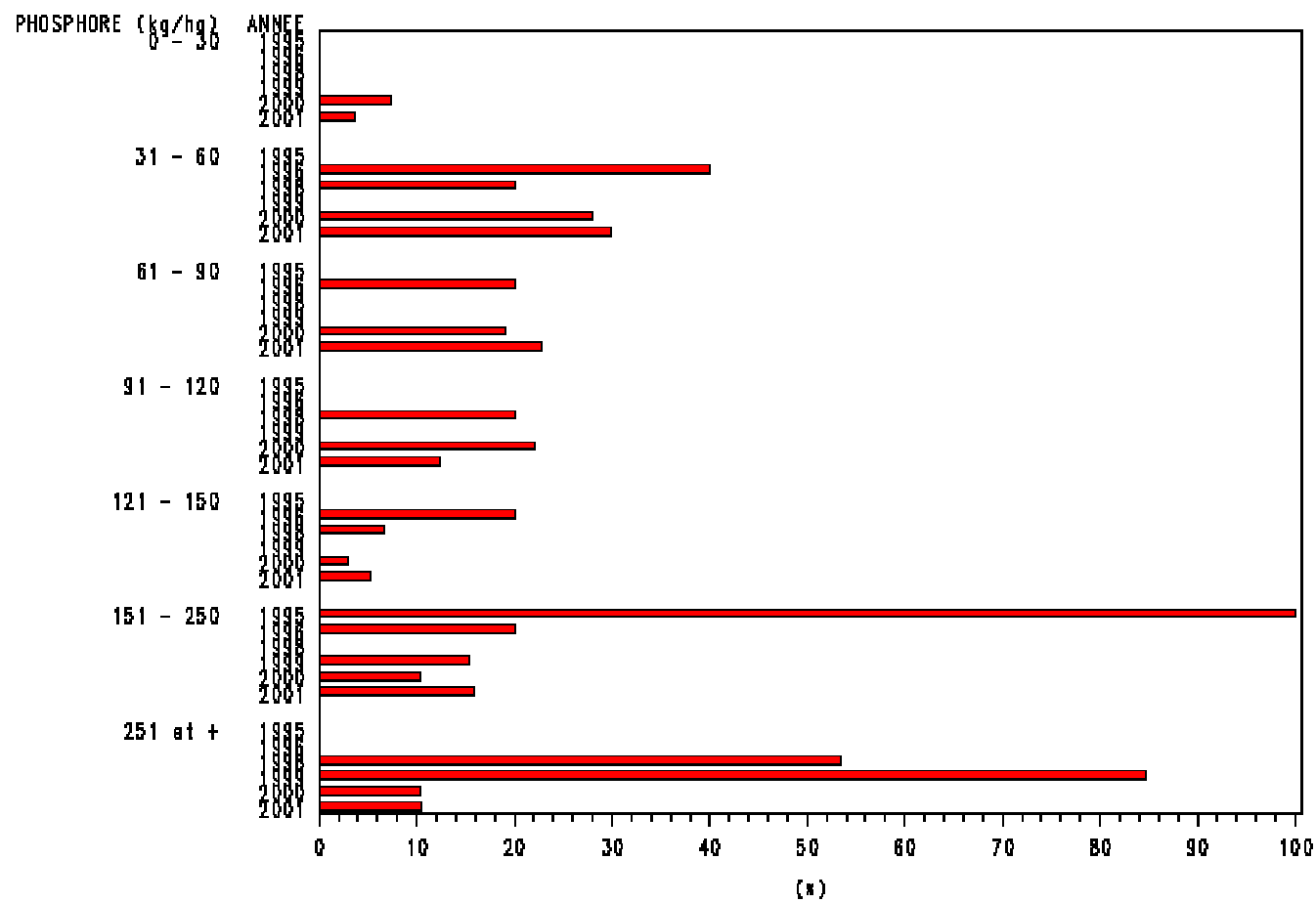


Figure 37 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Laval (région = 13)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 14
 REGION=14

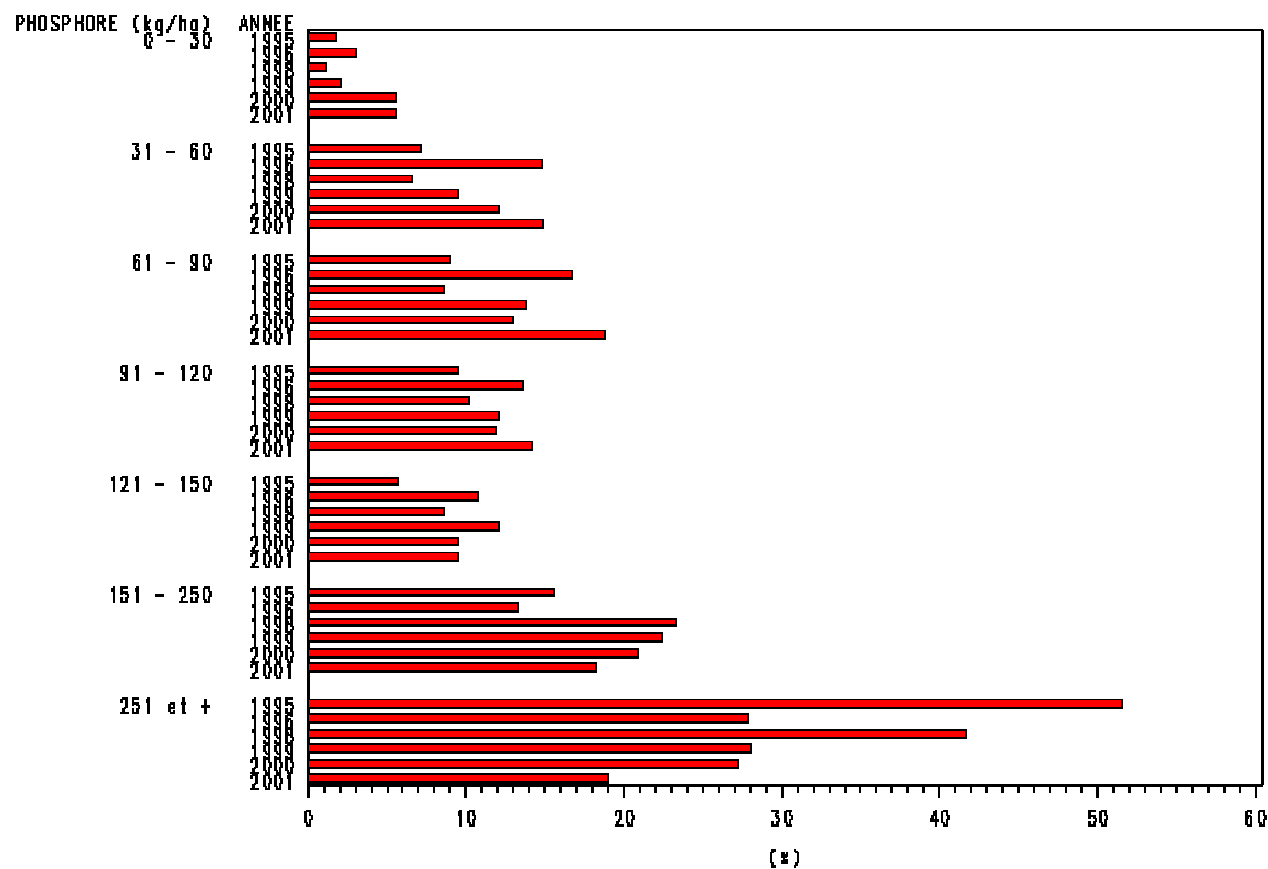


Figure 38 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Lanaudière (région = 14)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 15
 REGION=15

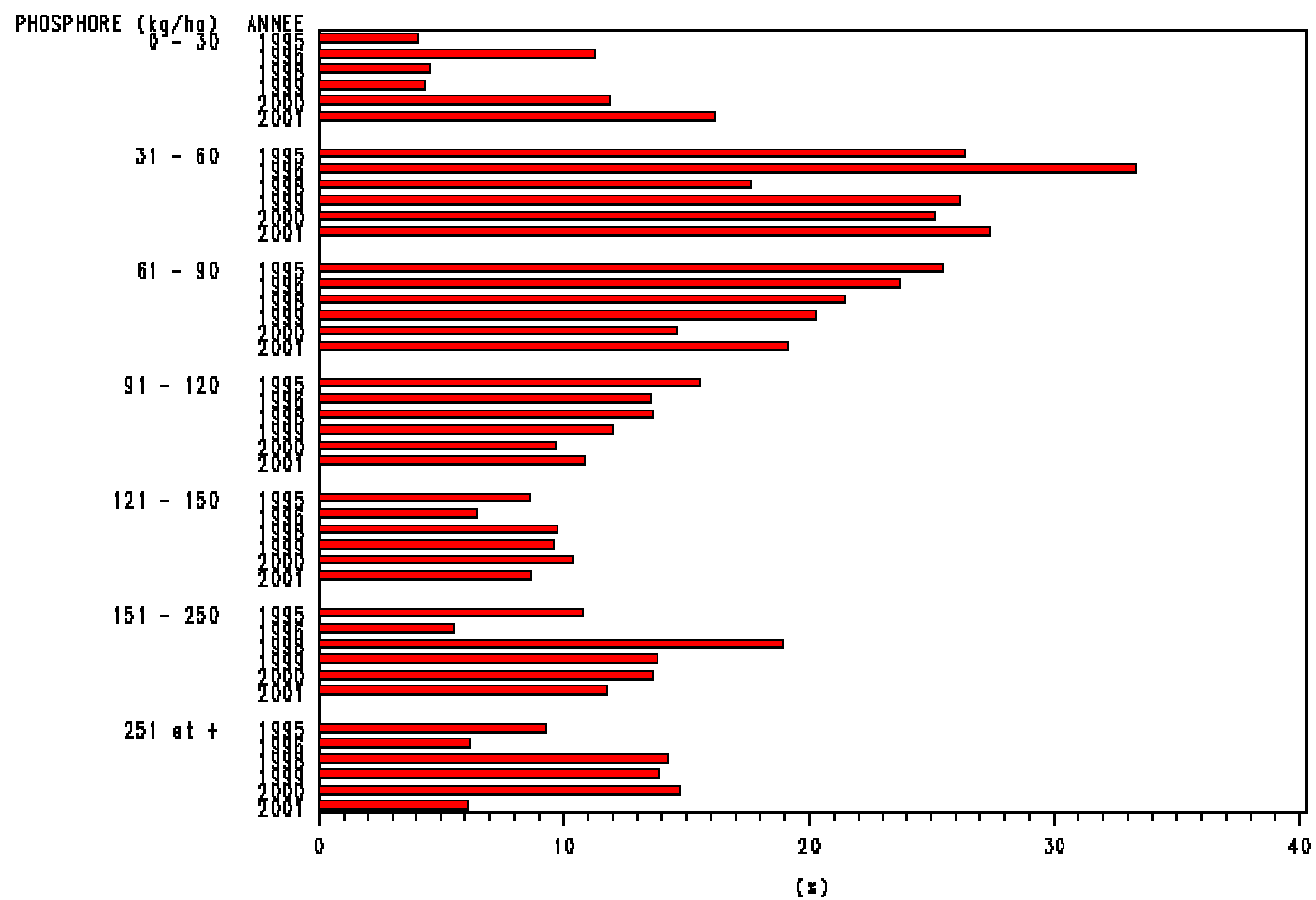


Figure 39 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région des Laurentides (région = 15)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 16
 REGION=16

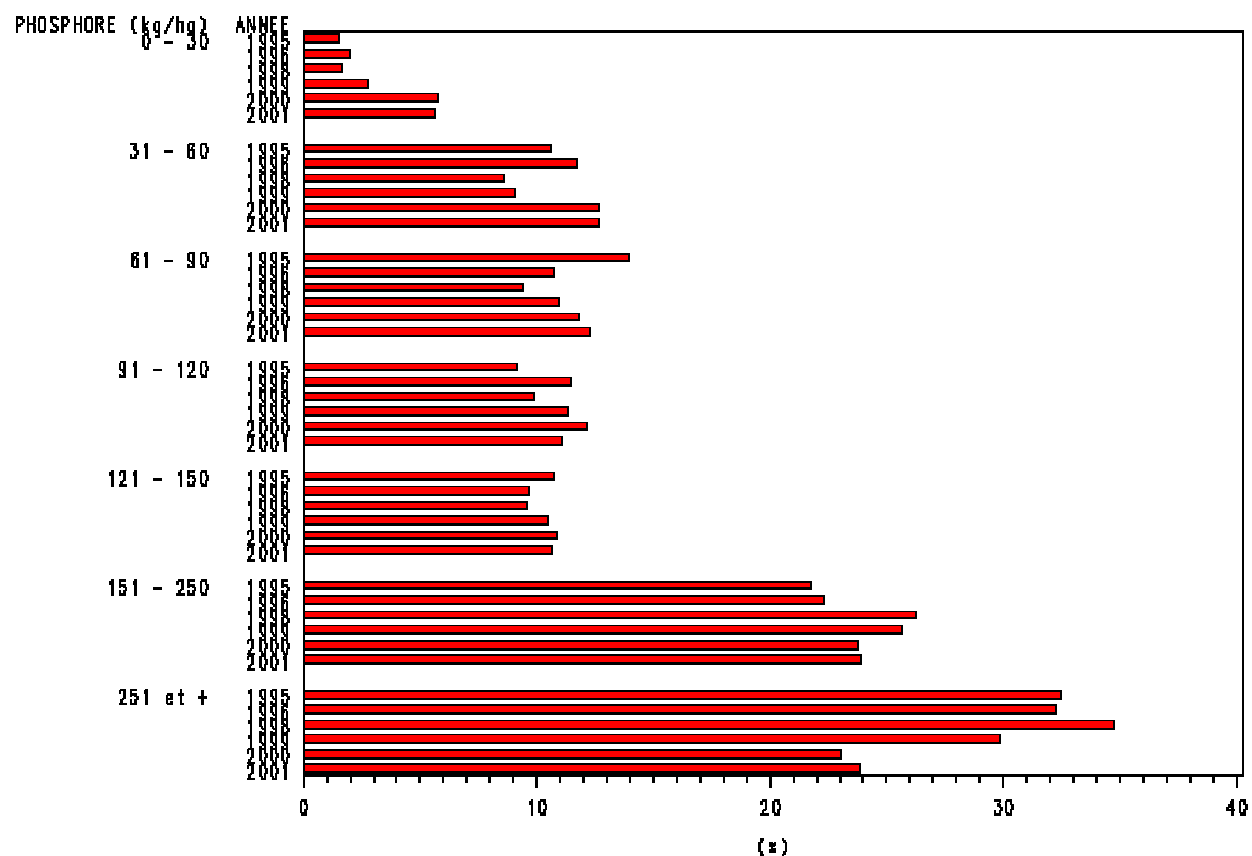


Figure 40 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Montérégie secteur est (région = 16)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 18
 REGION=18

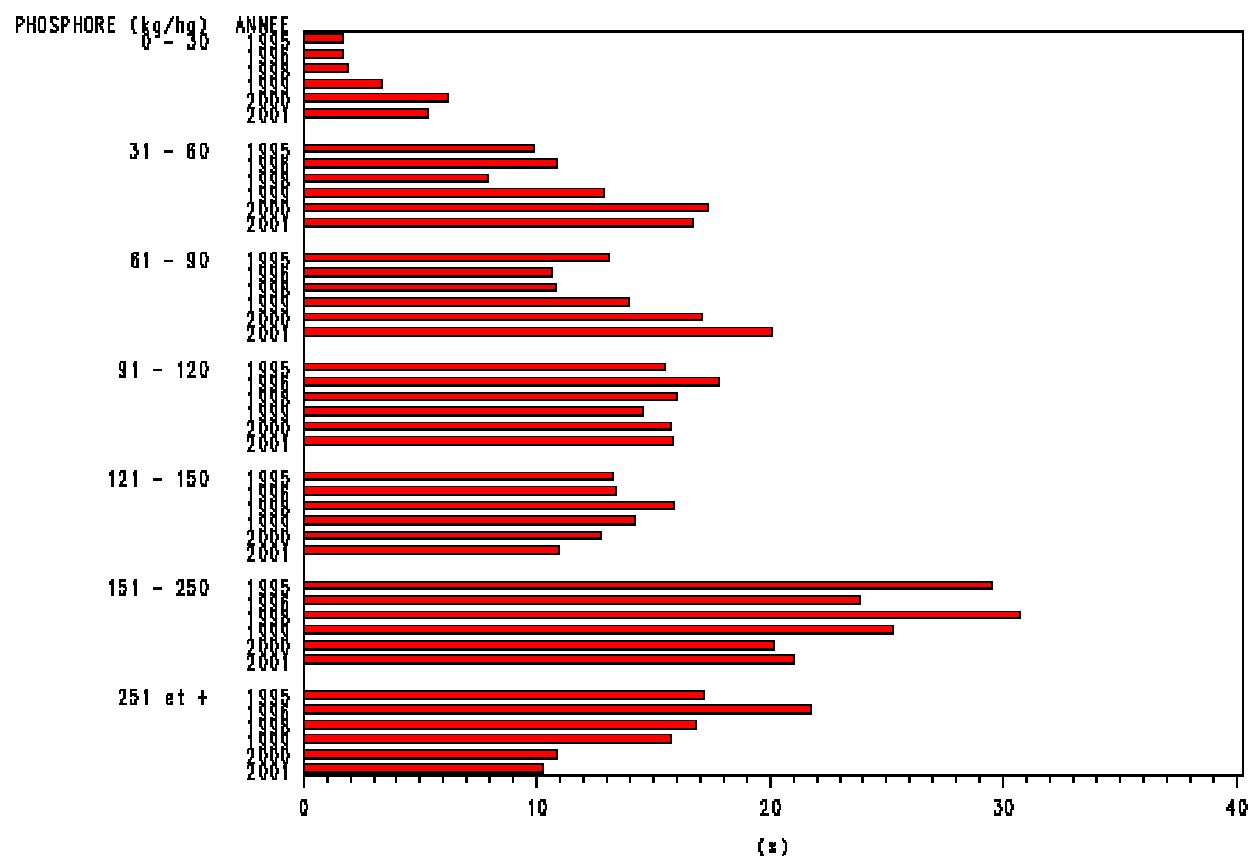


Figure 41 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Montérégie secteur ouest (région = 18)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE PHOSPHORE (kg/ha) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 17
 REGION=17

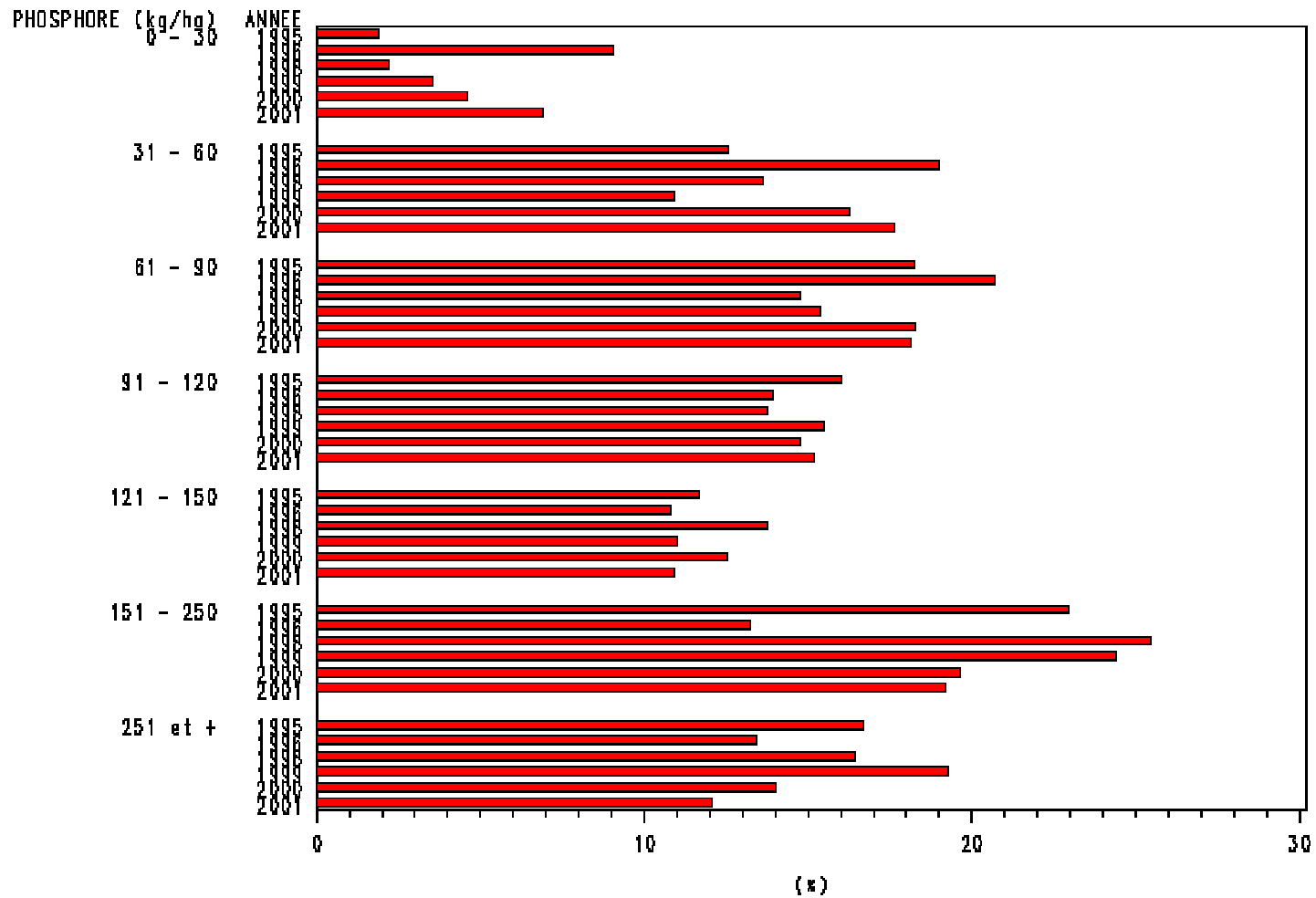


Figure 42 Distribution annuelle du niveau de fertilité des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Centre-du-Québec (région = 17)

Annexe 3 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la province et les diverses régions administratives du Québec

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LE QUÉBEC

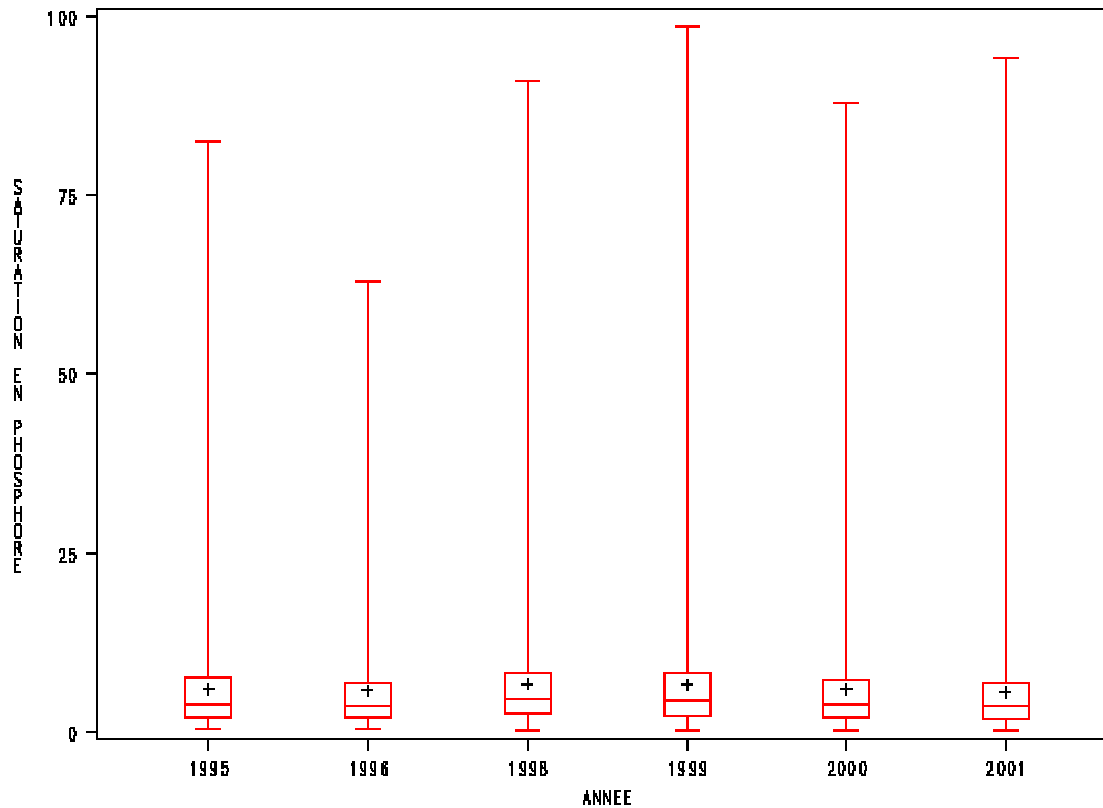


Figure 43 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la province

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 1
RÉGION=1

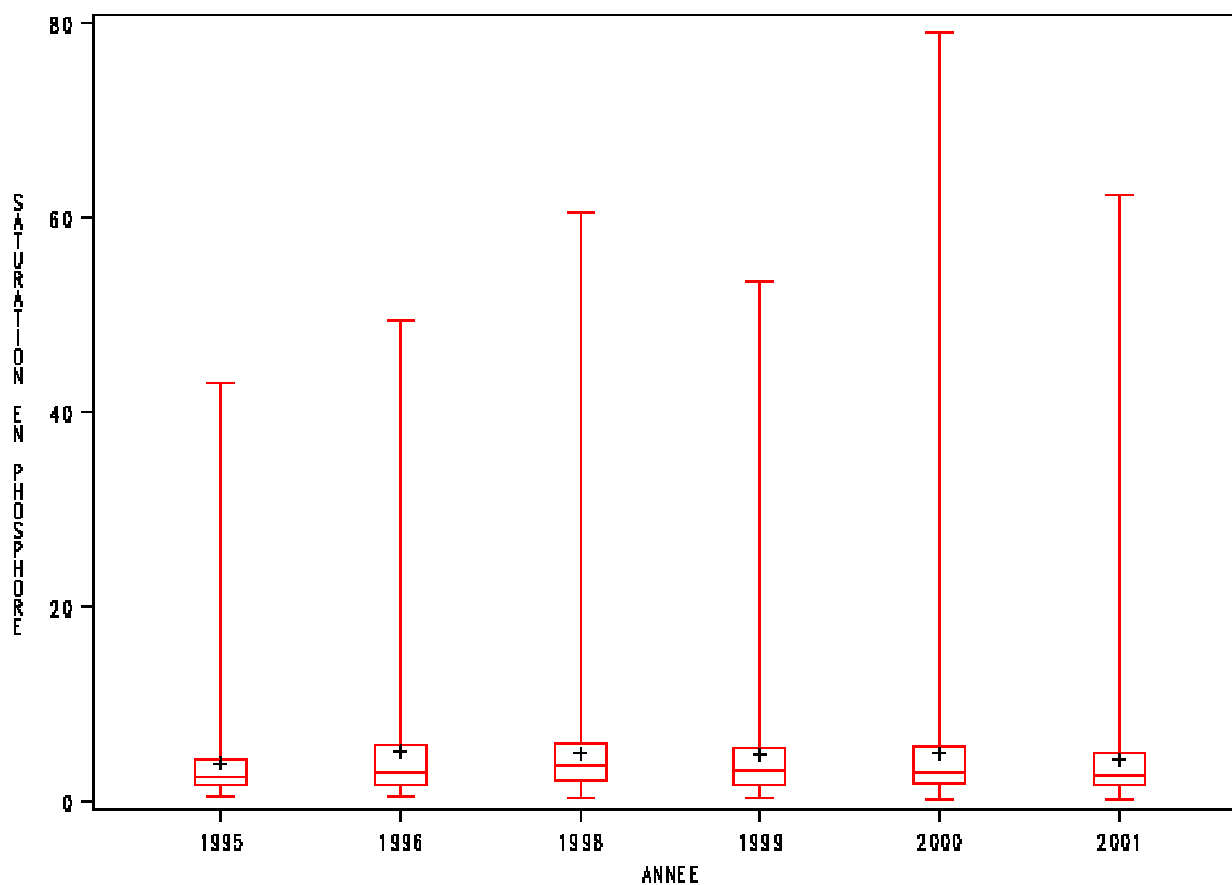


Figure 44 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Bas Saint-Laurent (région = 1)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 2
REGION=2

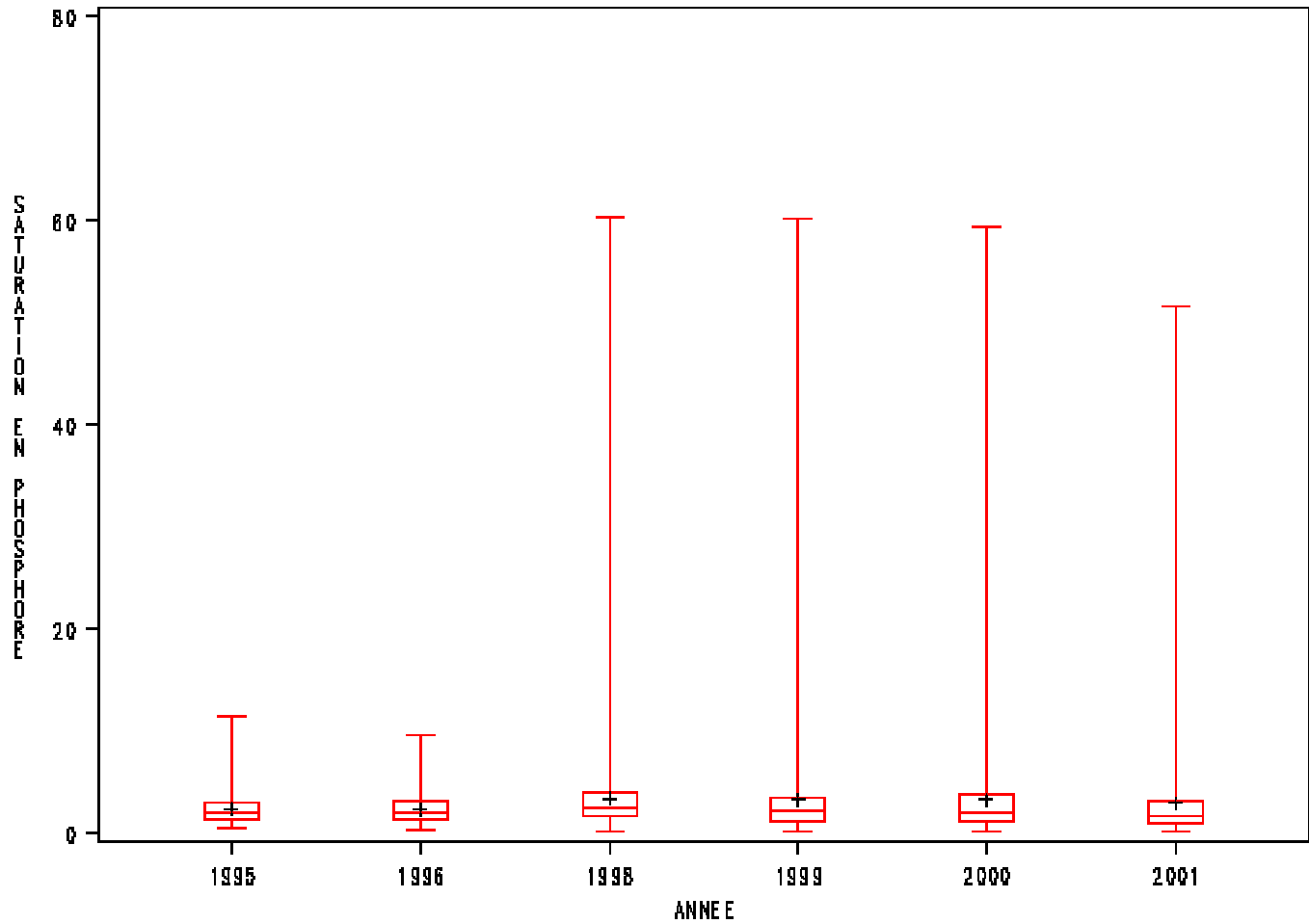


Figure 45 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Saguenay-Lac-St-Jean (région = 2)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 3
 REGION=3



Figure 46 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Capitale Nationale (région = 3)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 4
REGION=4

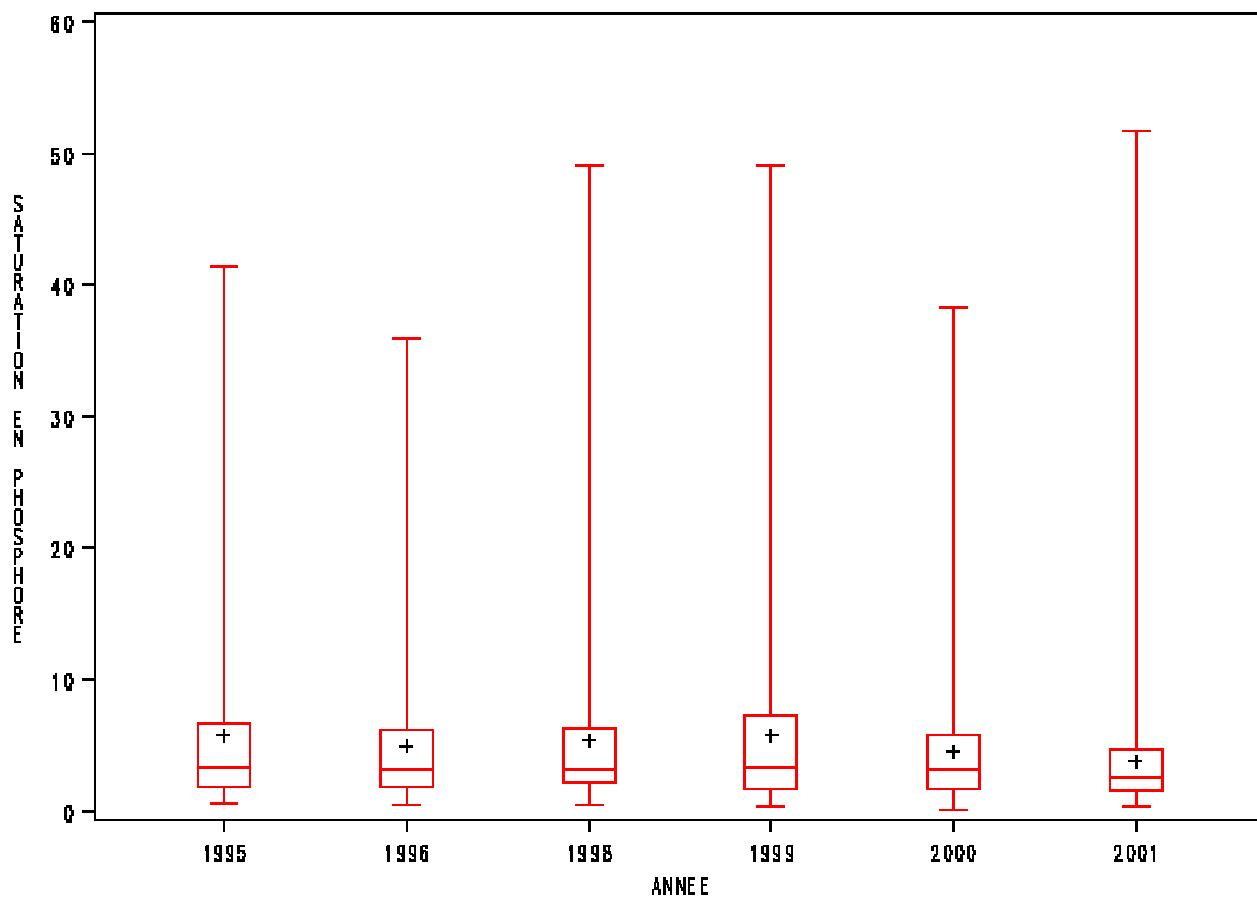


Figure 47 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Mauricie (région = 4)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 5
REGION=5

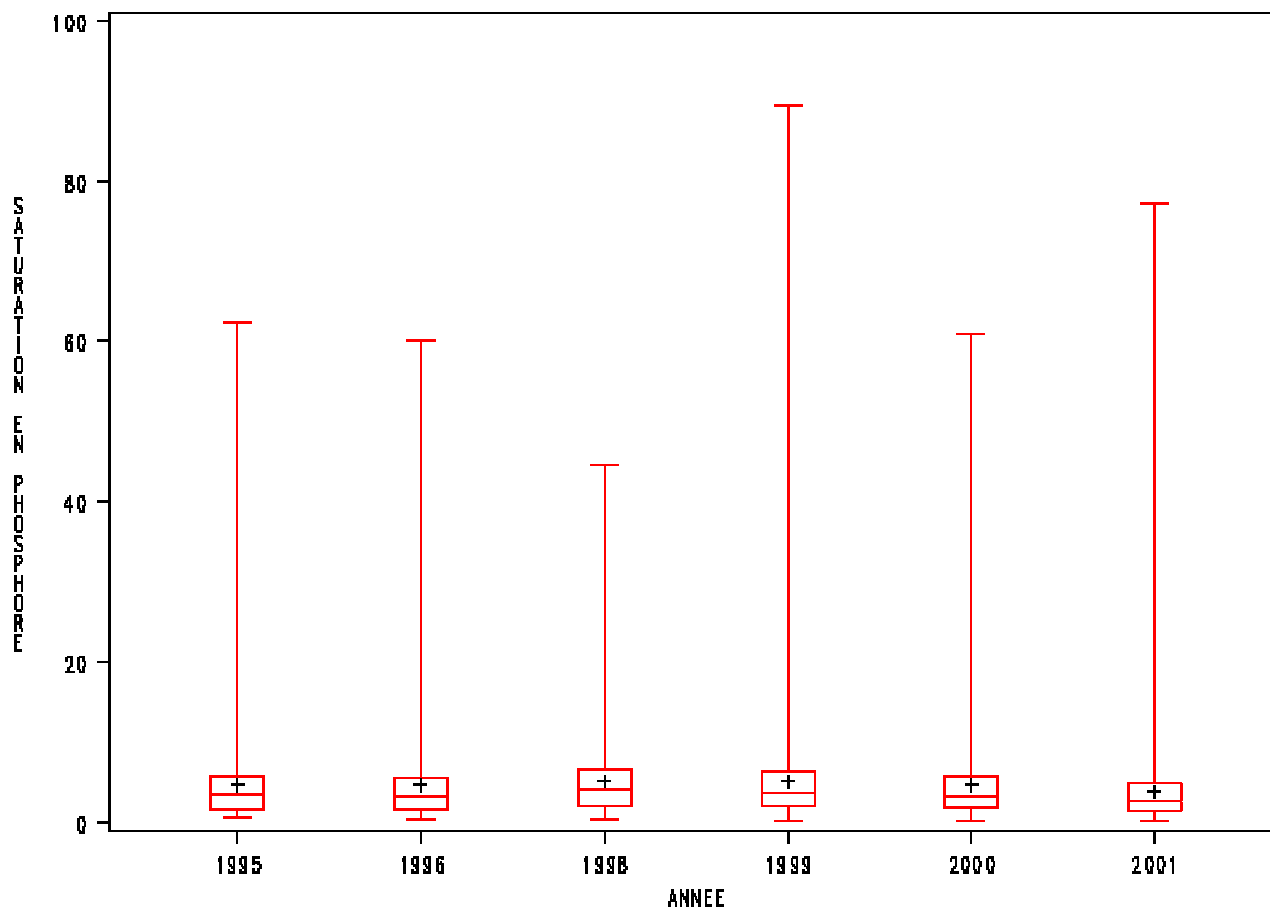


Figure 48 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Estrie (région = 5)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 6
 RÉGION=6

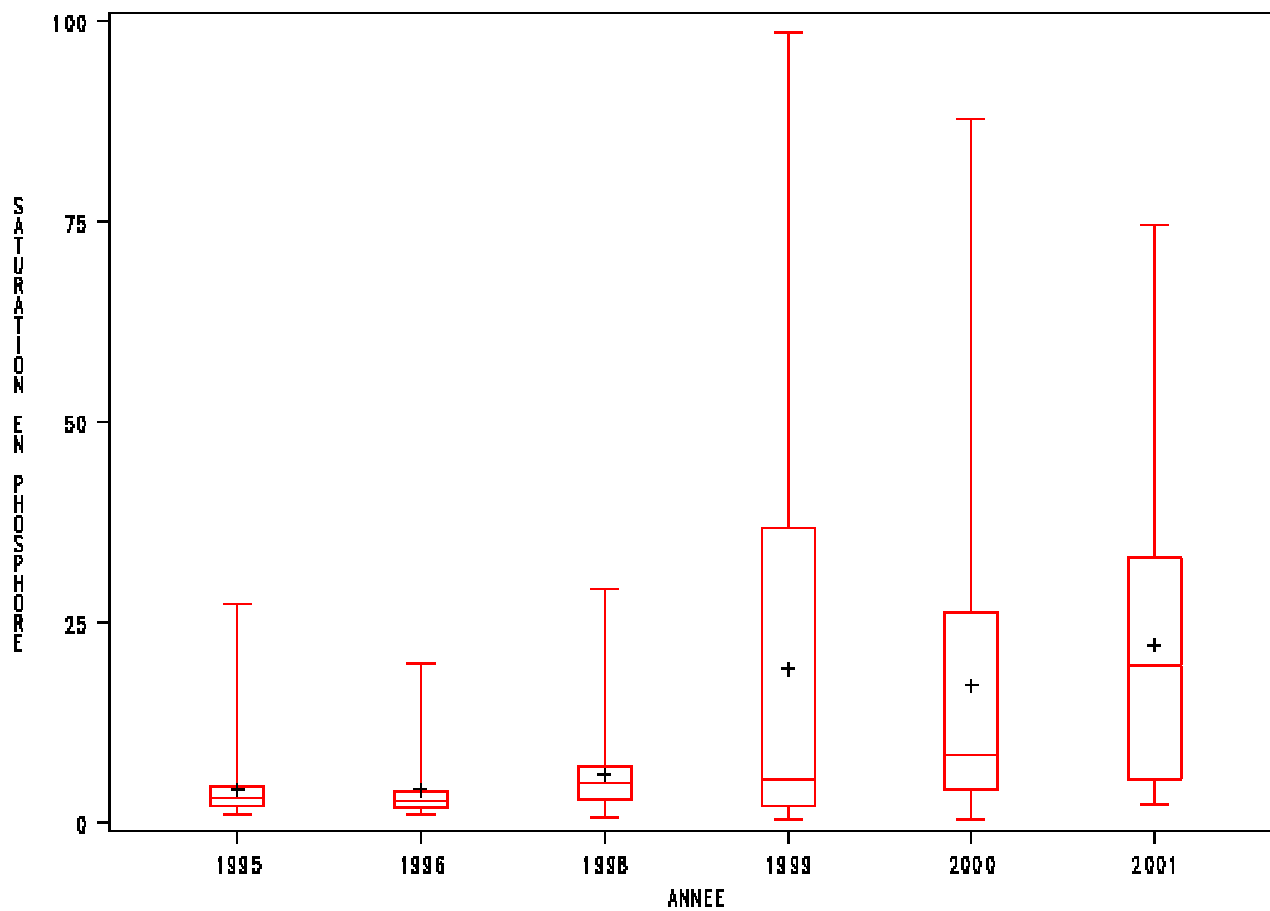


Figure 49 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Montréal (région = 6)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 7
REGION=7

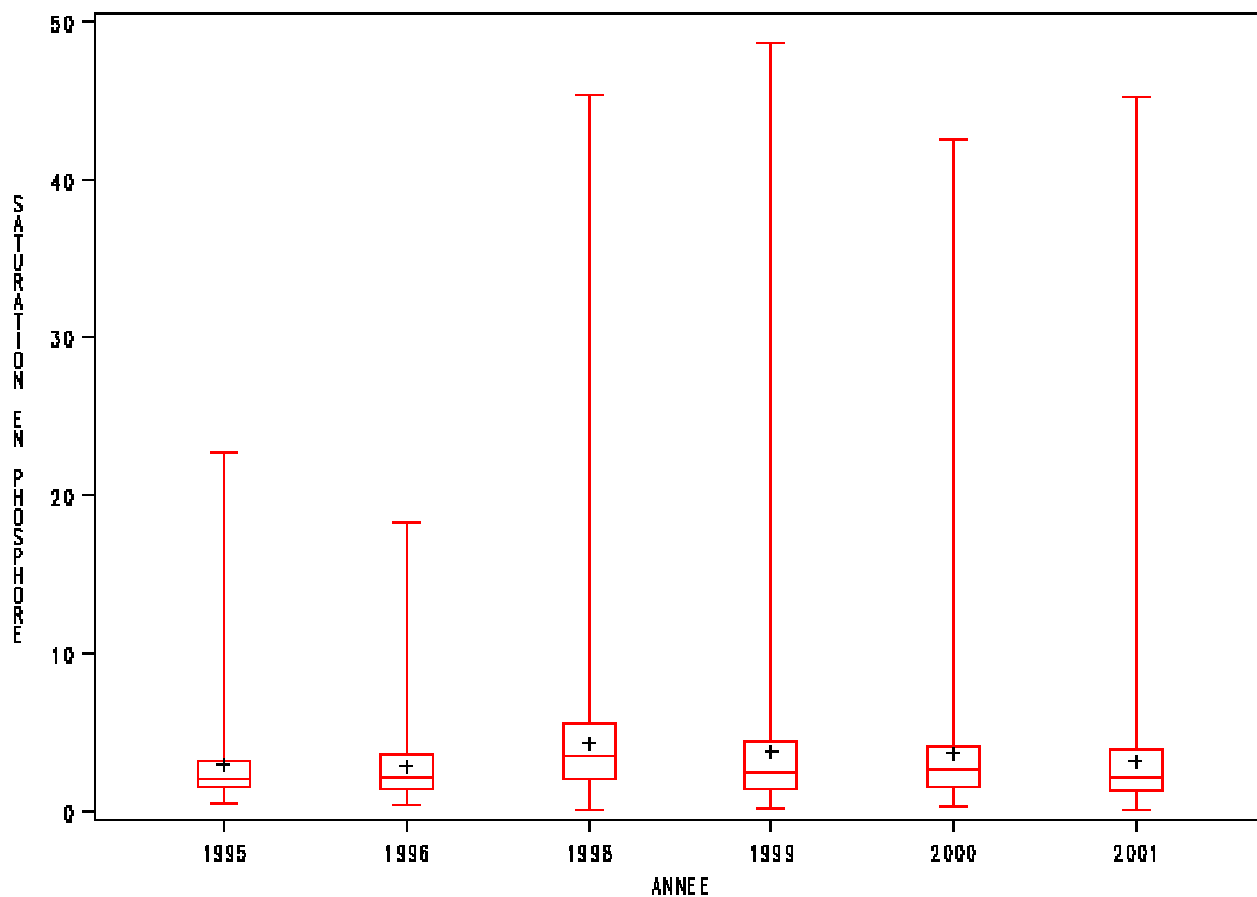


Figure 50 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Outaouais (région = 7)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 8
RÉGION=8

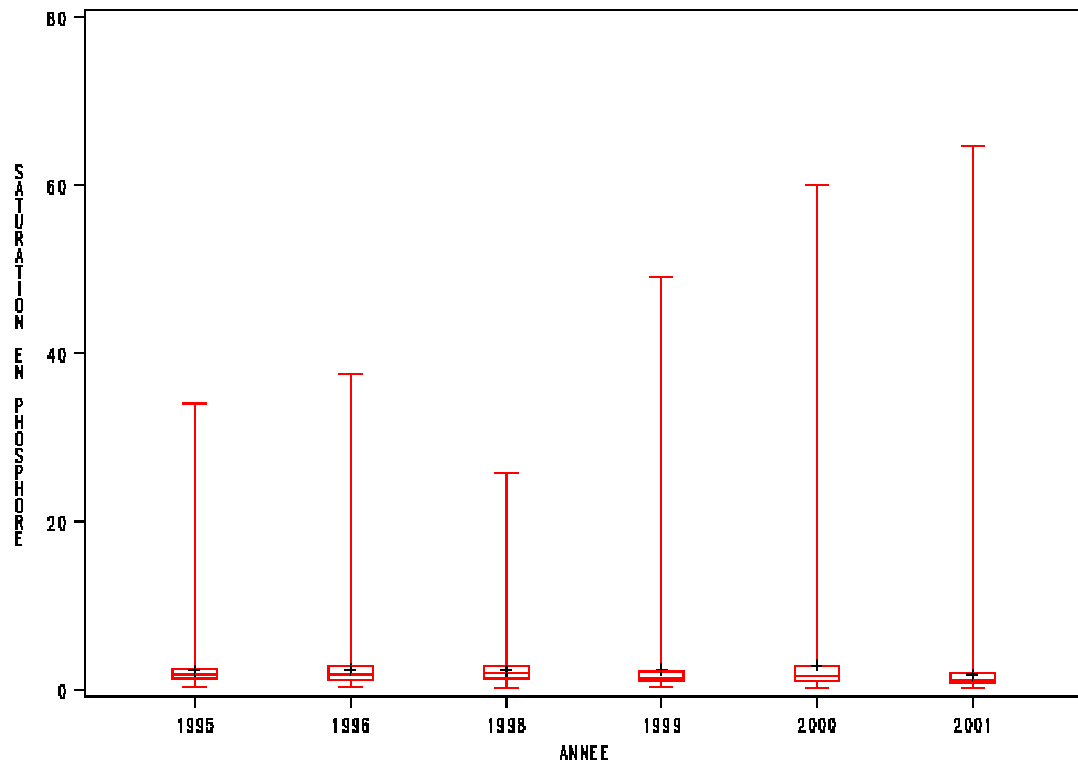


Figure 51 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue (région = 8)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINERAUX POUR LA REGION 9
REGION=9

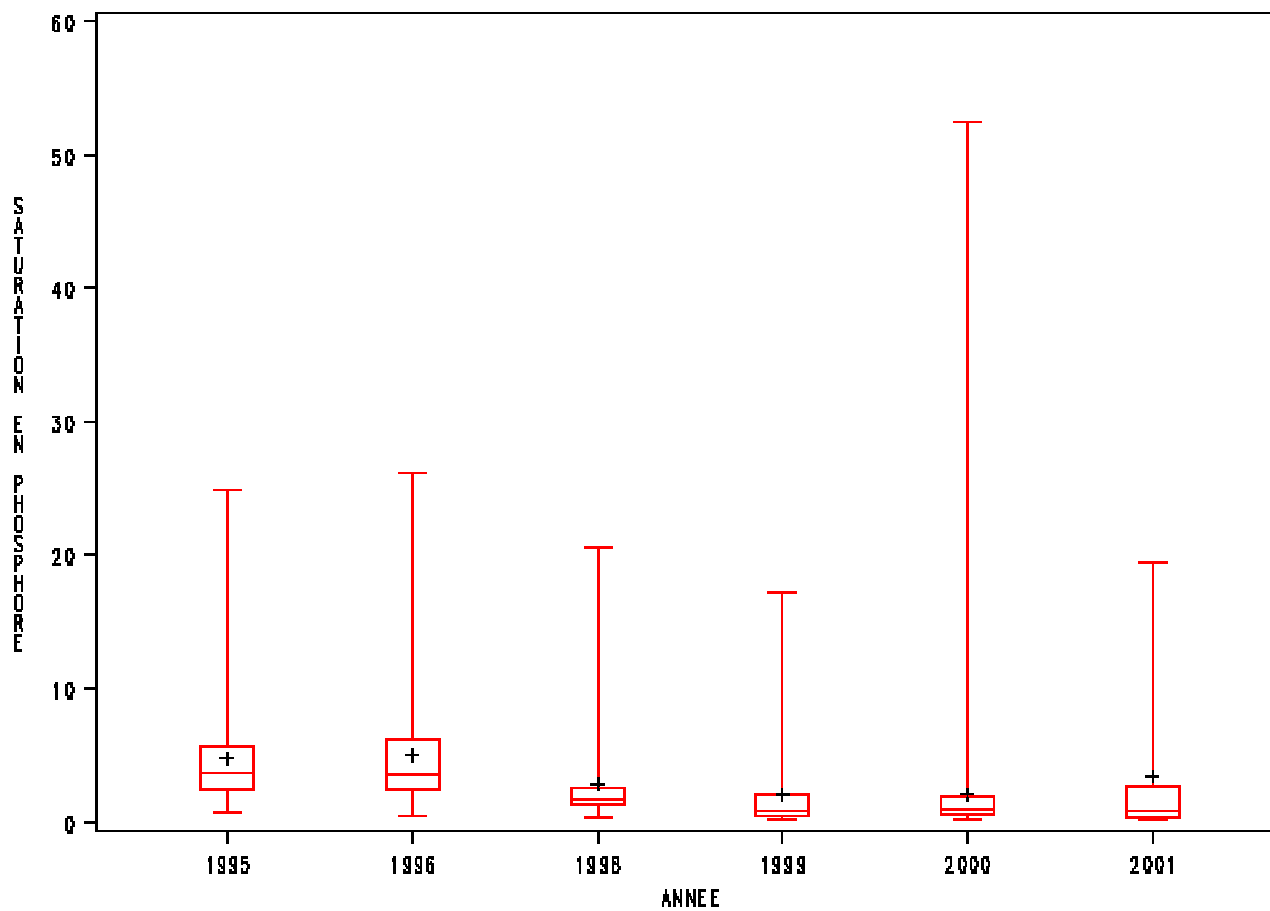


Figure 52 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Côte-Nord (région = 9)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 10
RÉGION=10

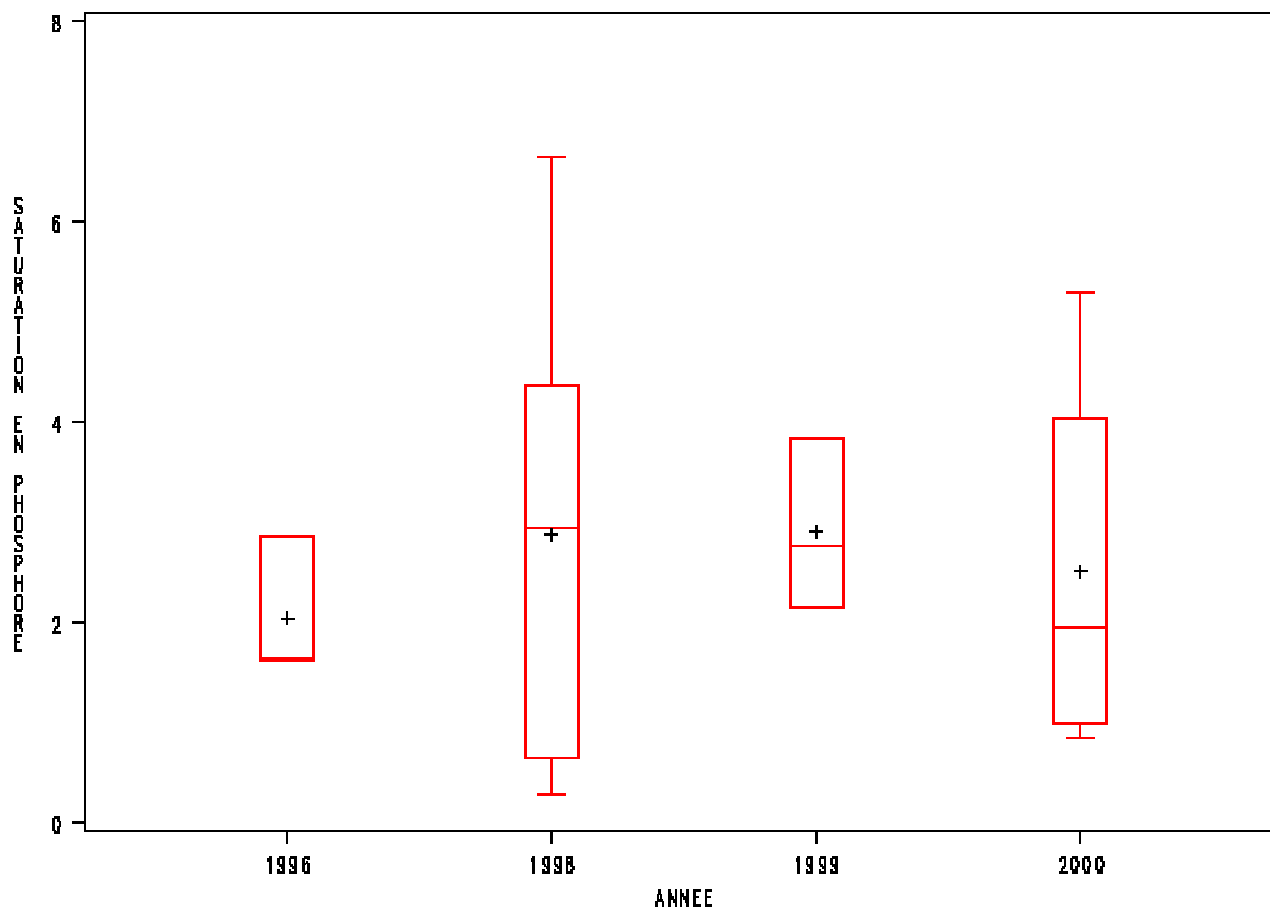


Figure 53 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Nord-du-Québec (région = 10)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 11
 RÉGION=11

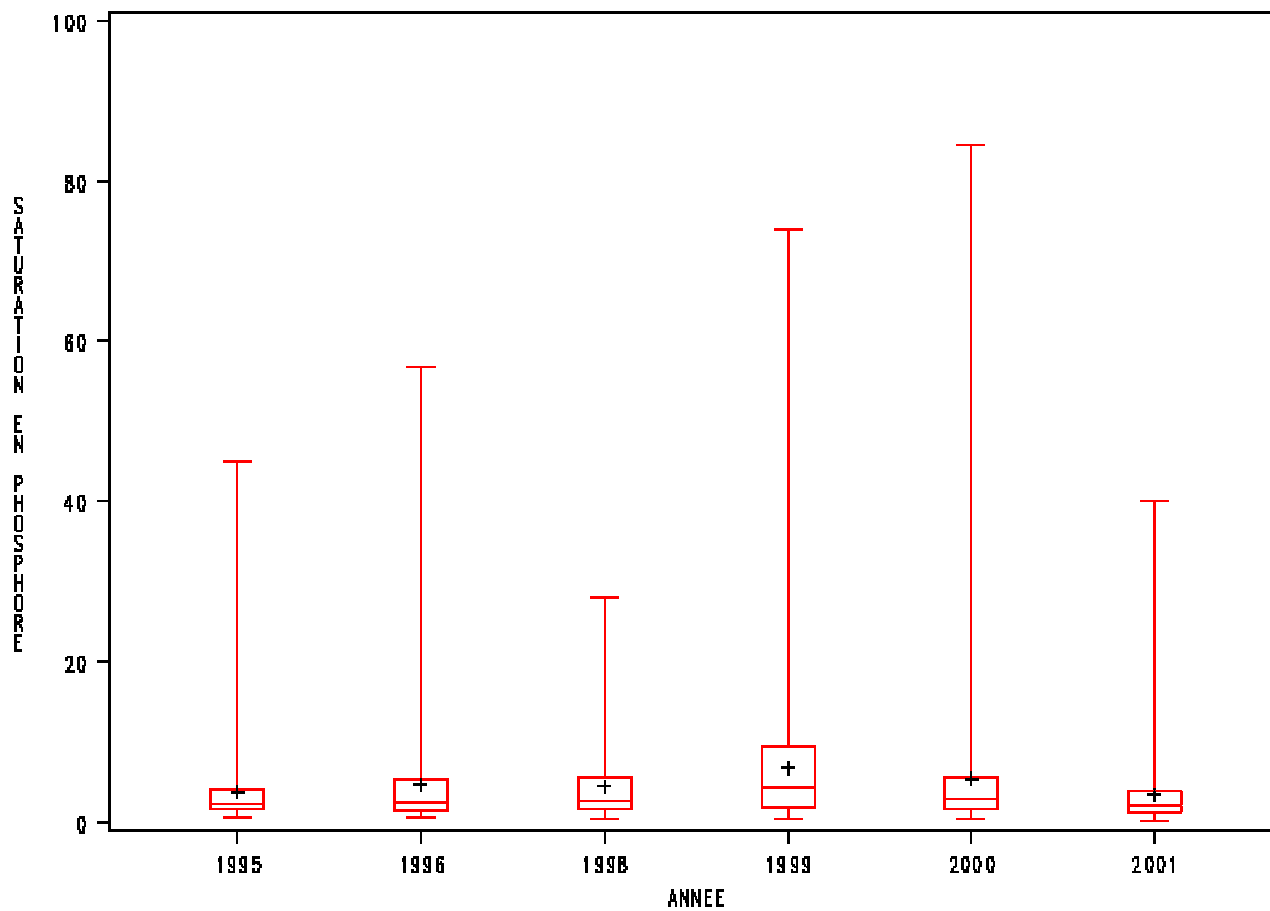


Figure 54 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (région = 11)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 12
RÉGION=12

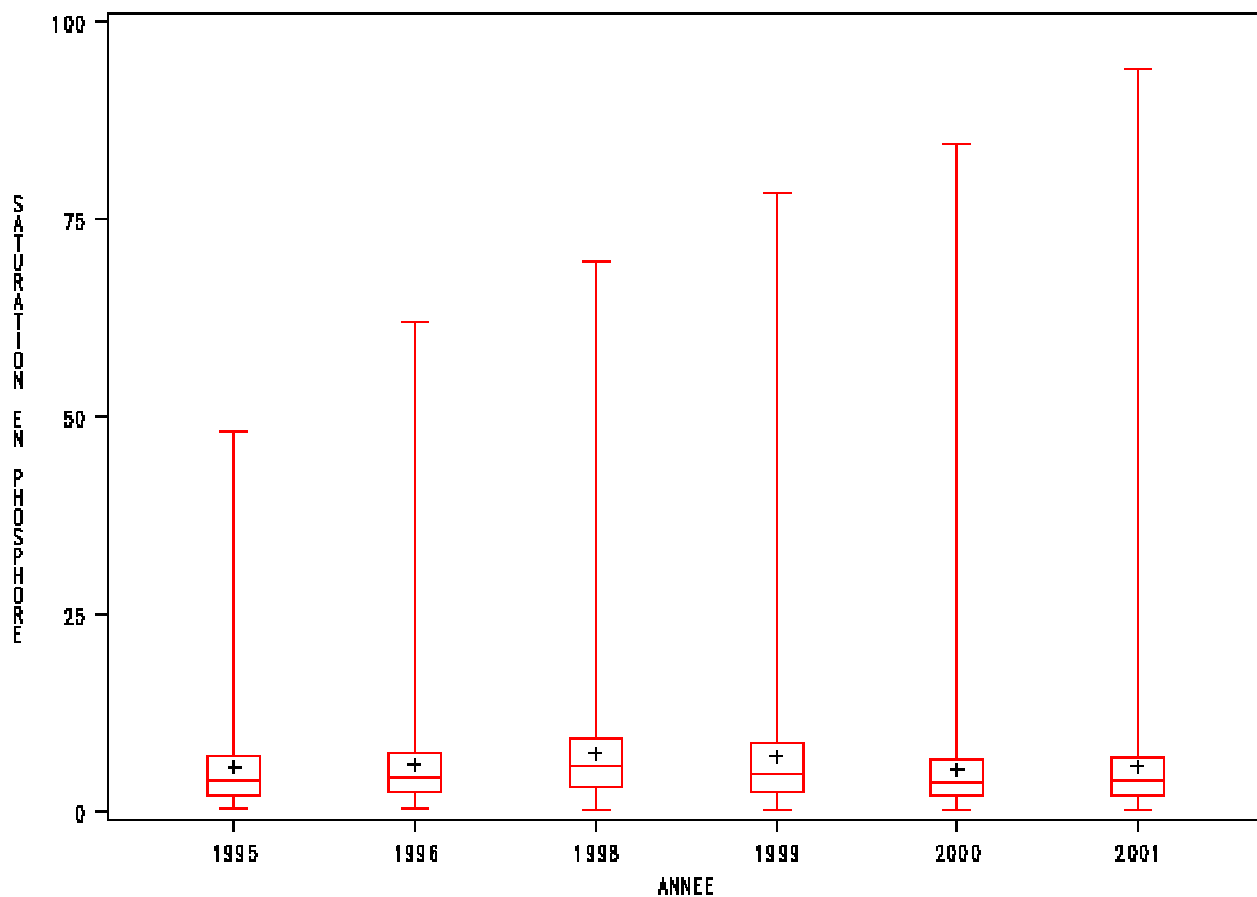


Figure 55 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Chaudière-Appalaches (région = 12)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 13
RÉGION=13

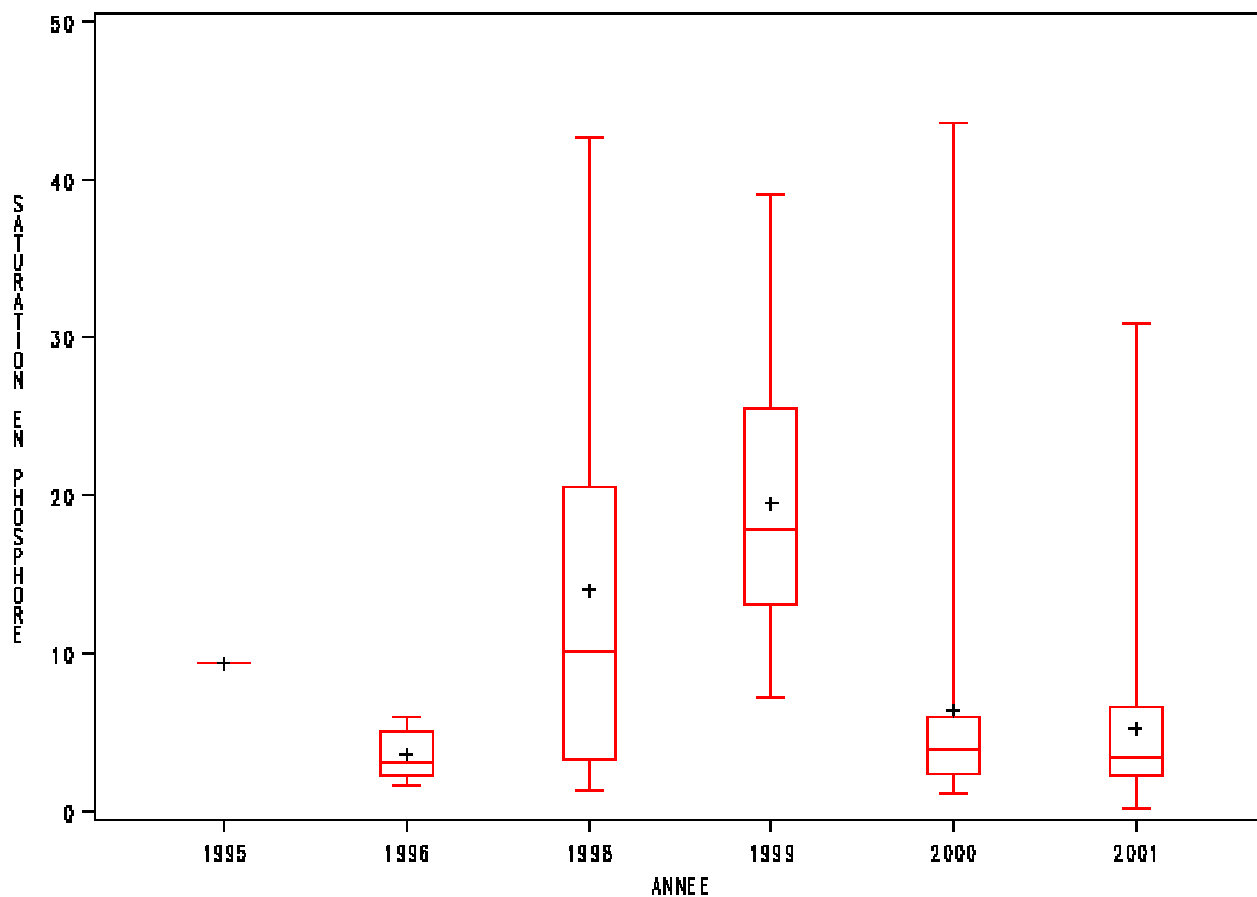


Figure 56 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Laval (région = 13)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 14
REGION=14

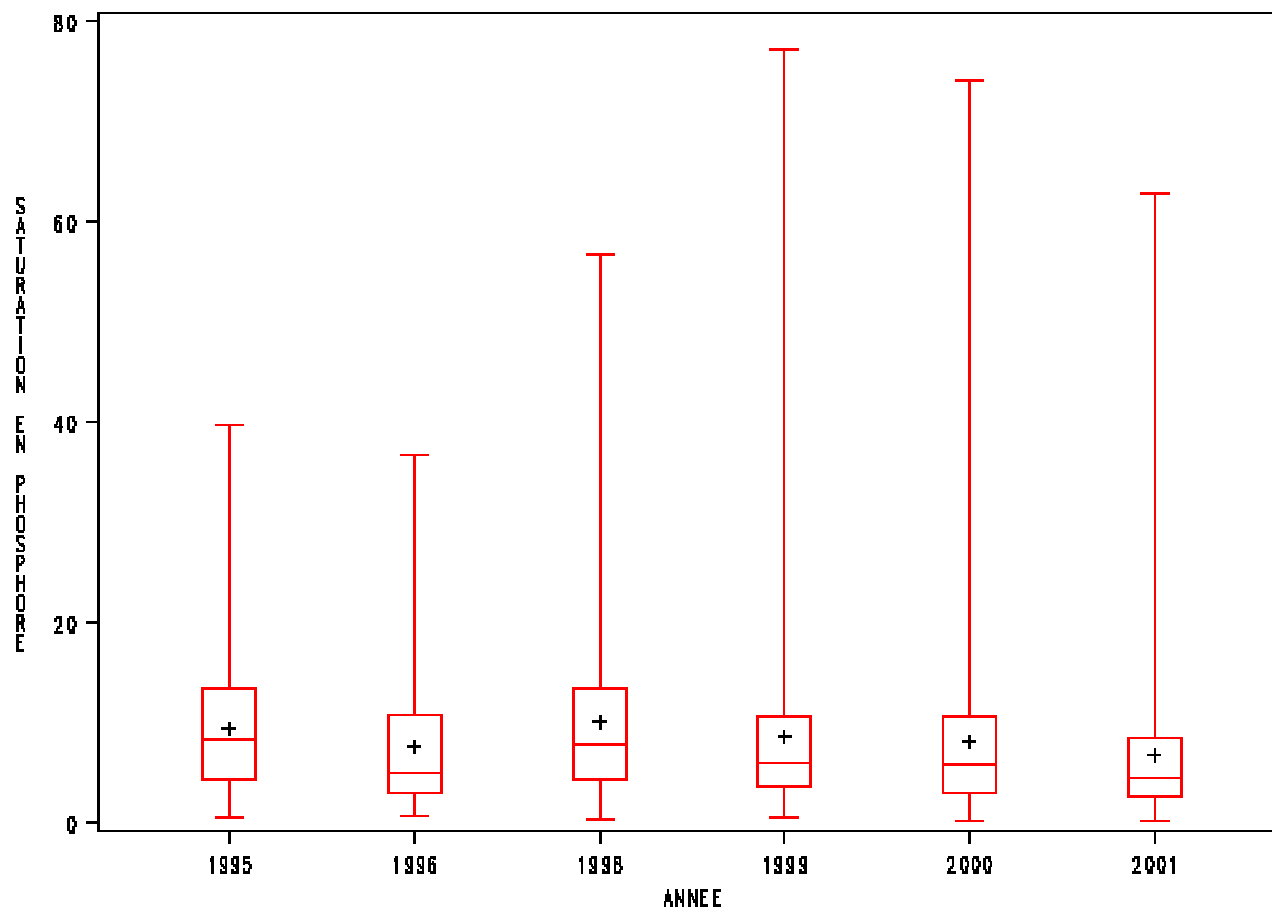


Figure 57 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de Lanaudière (région = 14)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 15
REGION=15

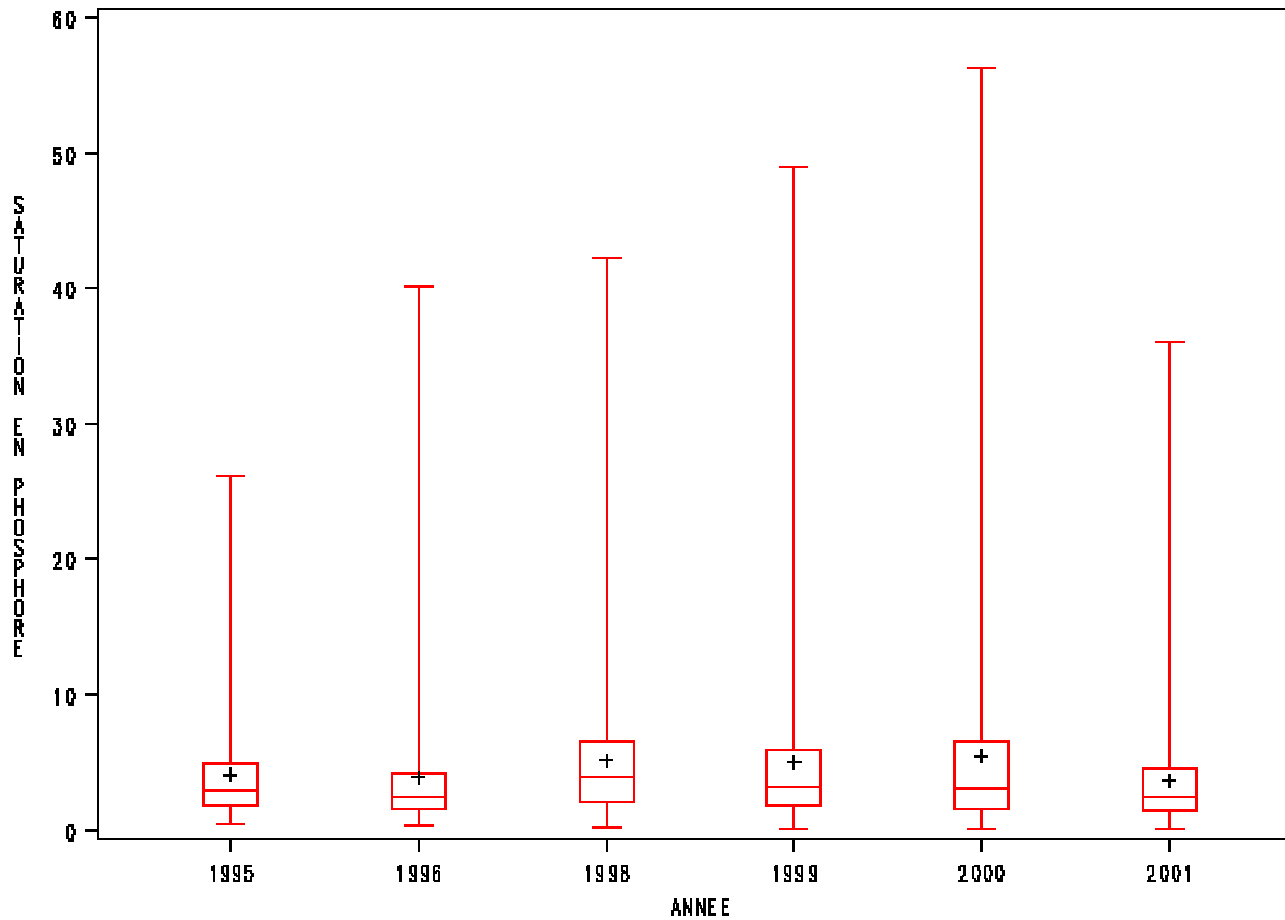


Figure 58 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région des Laurentides (région = 15)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 16
REGION=16

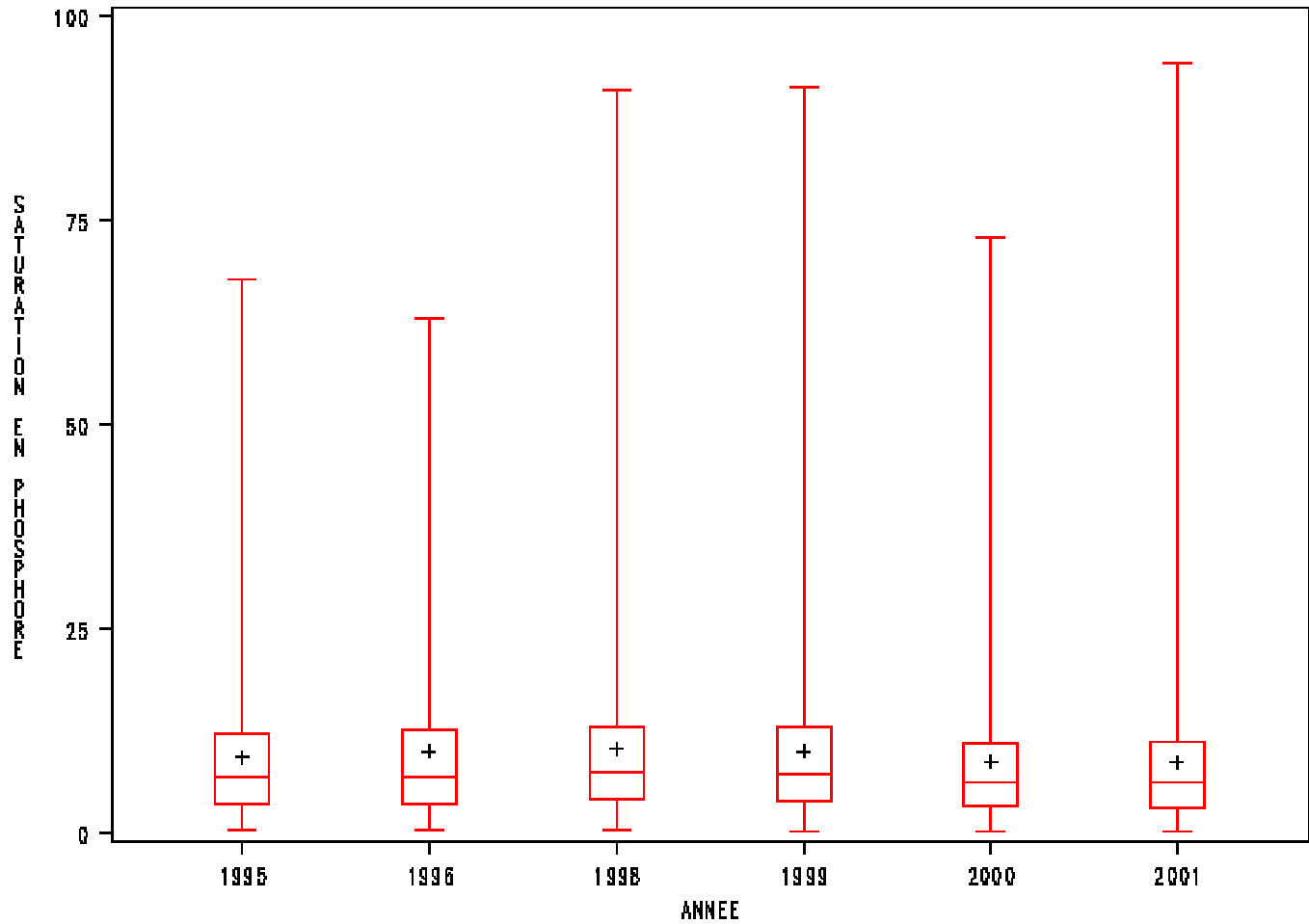


Figure 59 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Montérégie secteur est (région = 16)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 18
 RÉGION=18

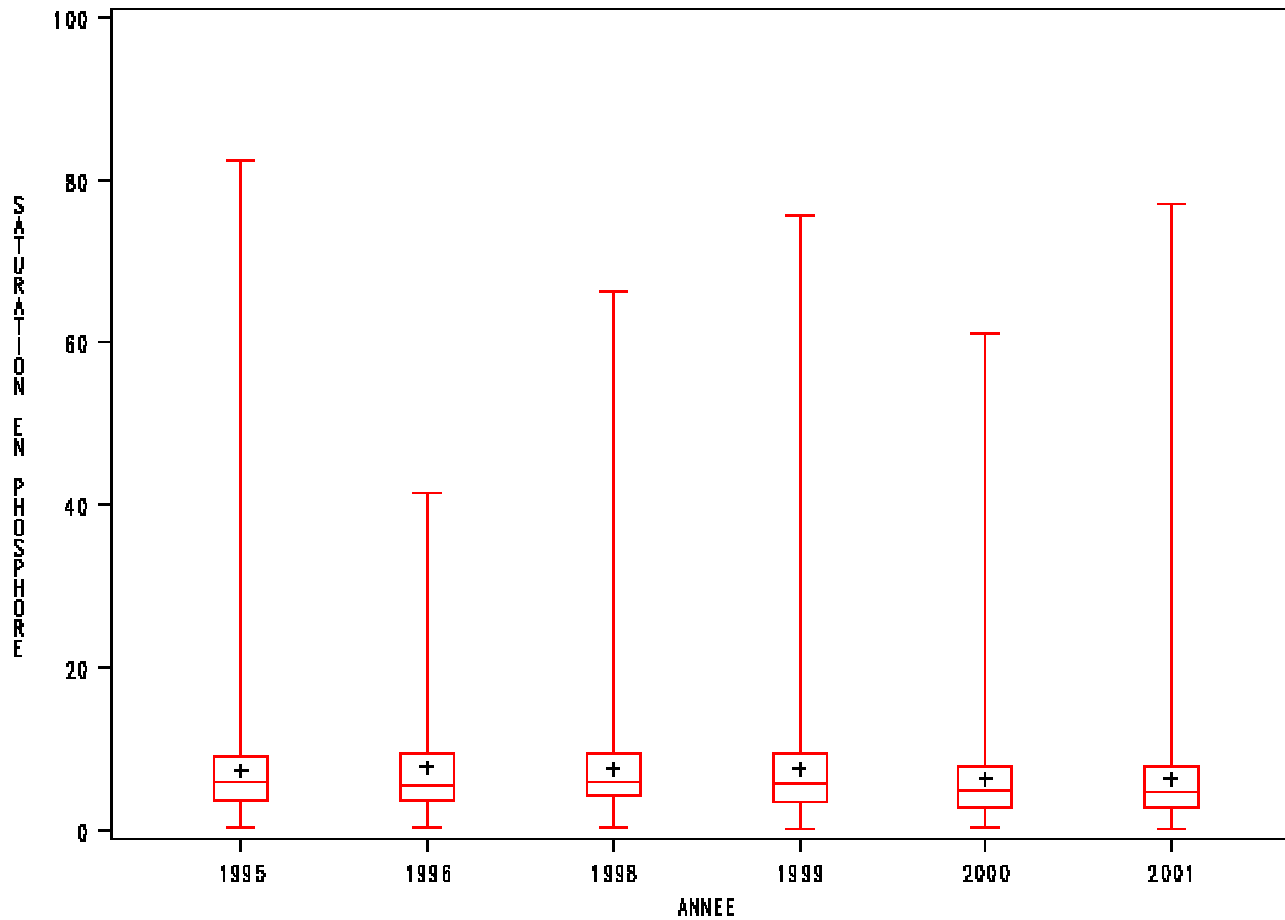


Figure 60 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région de la Montérégie secteur ouest (région = 18)

DISTRIBUTION ANNUELLE DES OBSERVATIONS DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) DES SOLS MINÉRAUX POUR LA RÉGION 17
RÉGION=17

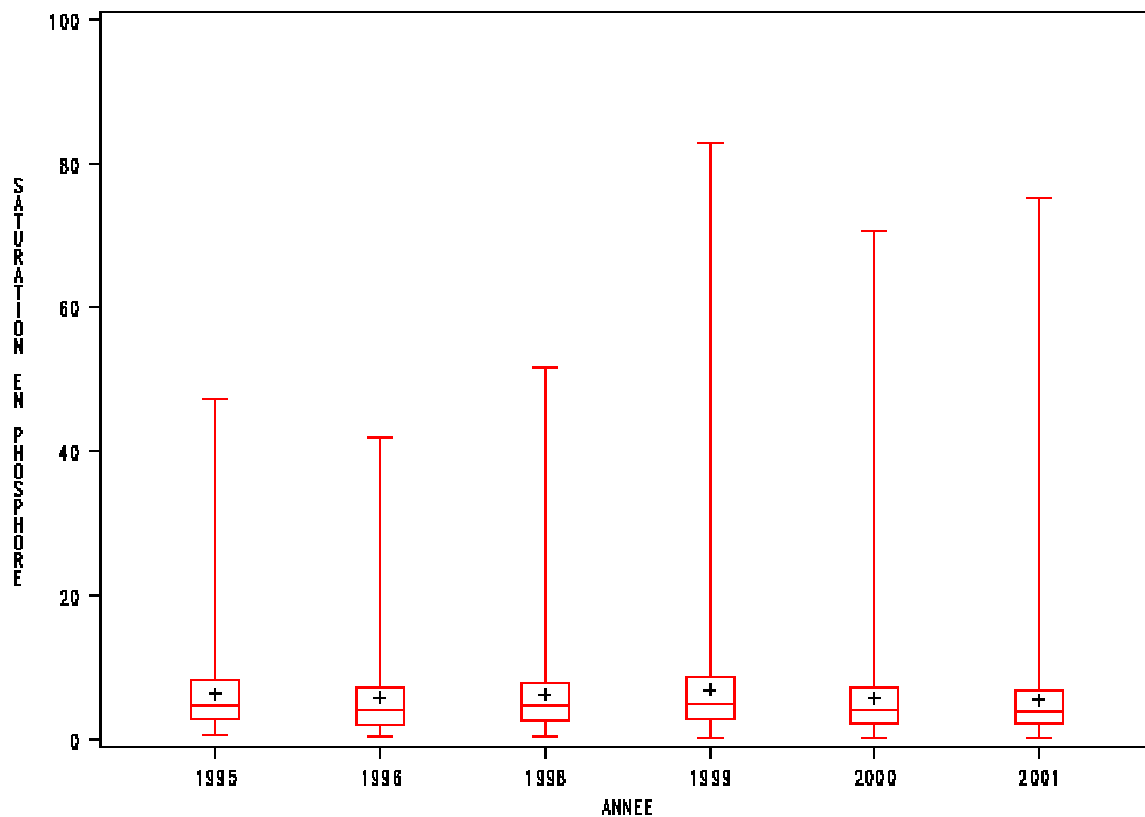


Figure 61 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore (kg/ha) pour la région du Centre-du-Québec (région = 17)

Annexe 4 Distribution annuelle des observations par classe de pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la province et les diverses régions administratives du Québec

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE POUR LE QUEBEC

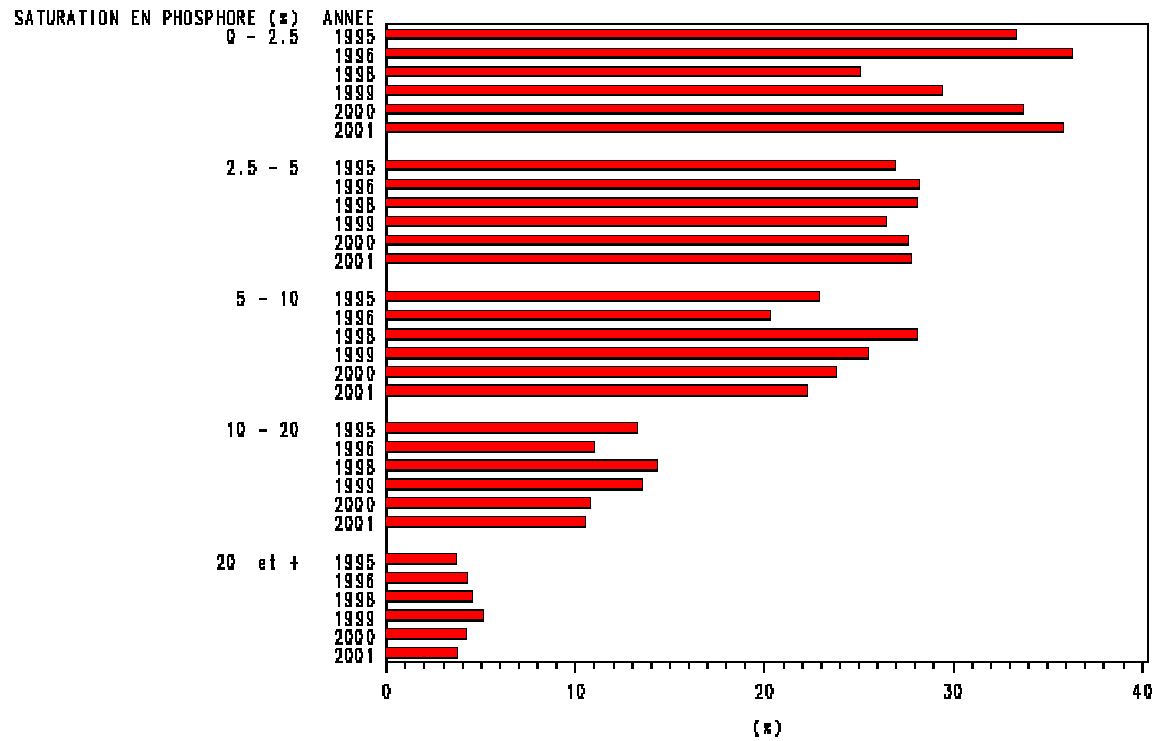


Figure 62 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la province

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 1
REGION=1

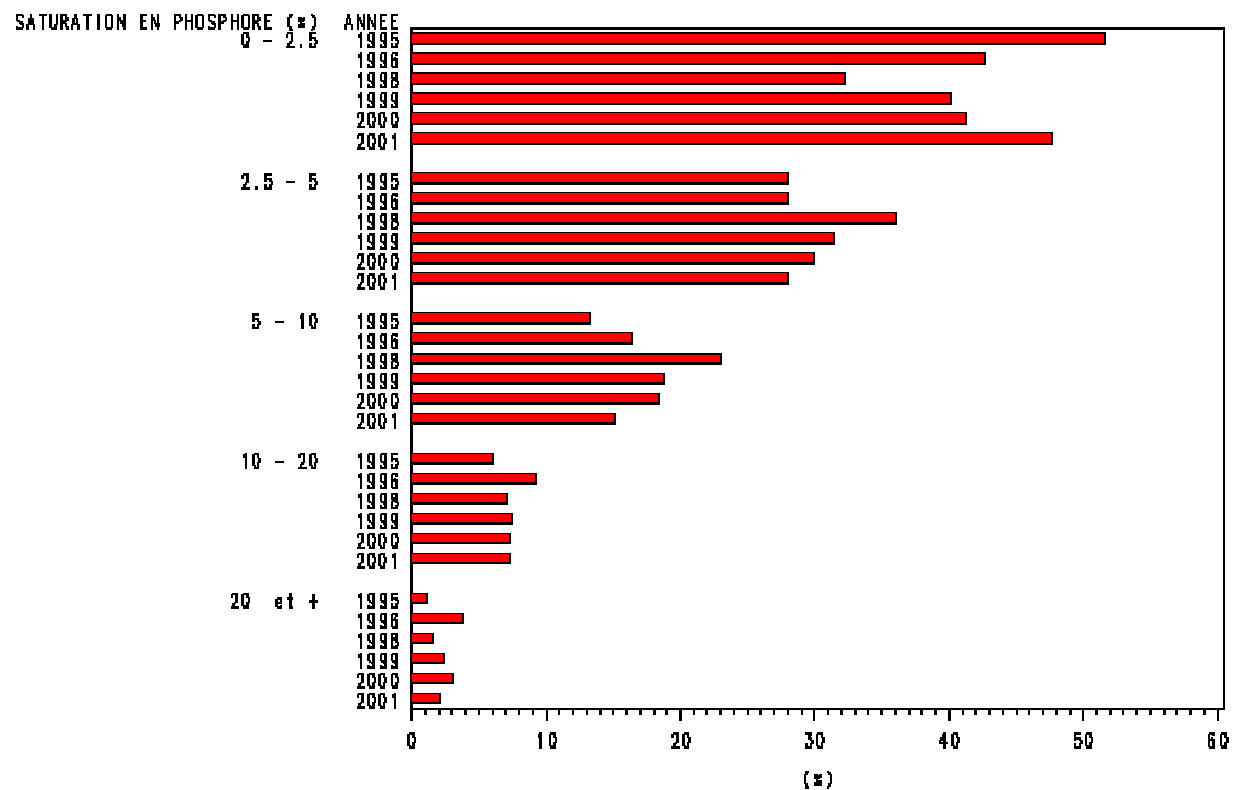


Figure 63 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région du Bas Saint-Laurent (région = 1)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 2
 REGION=2

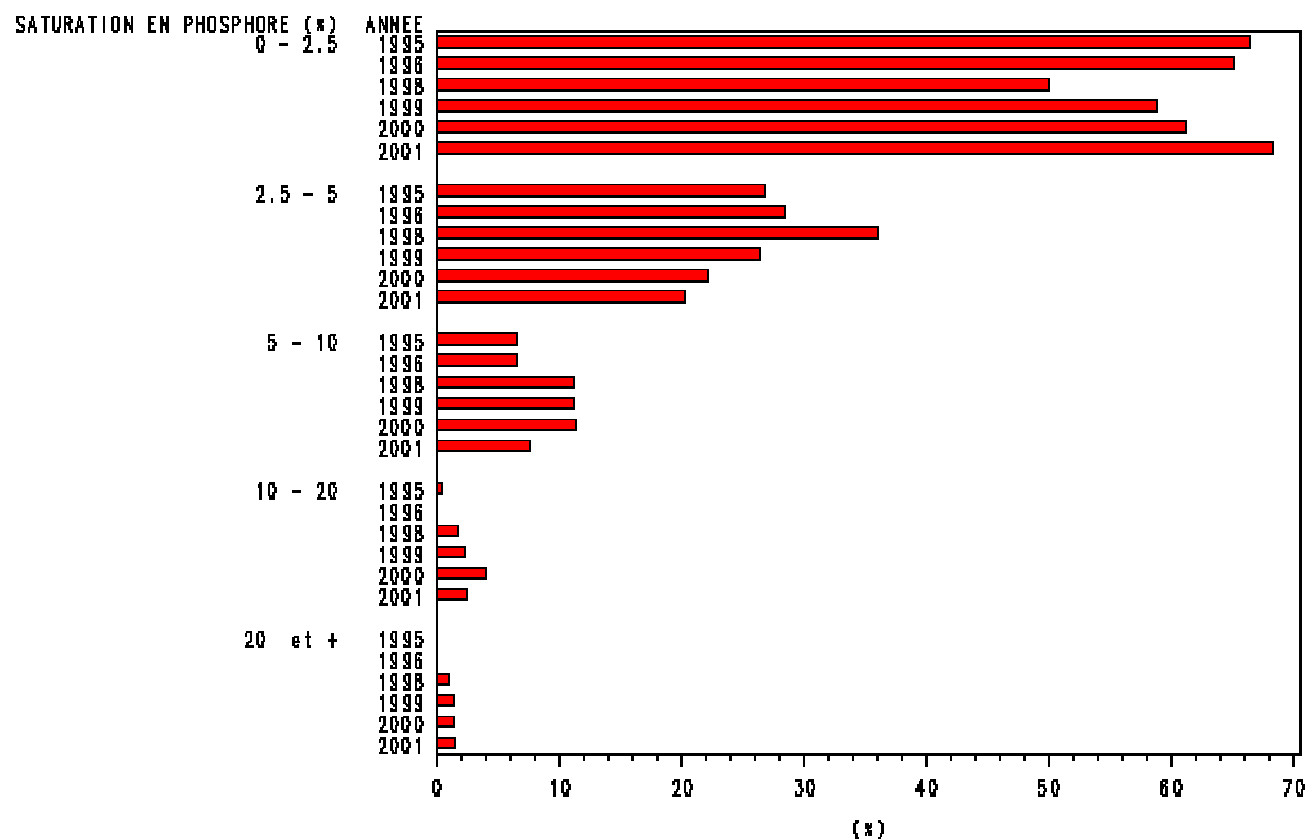


Figure 64 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région du Saguenay-Lac-St-Jean (région = 2)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 3
REGION=3

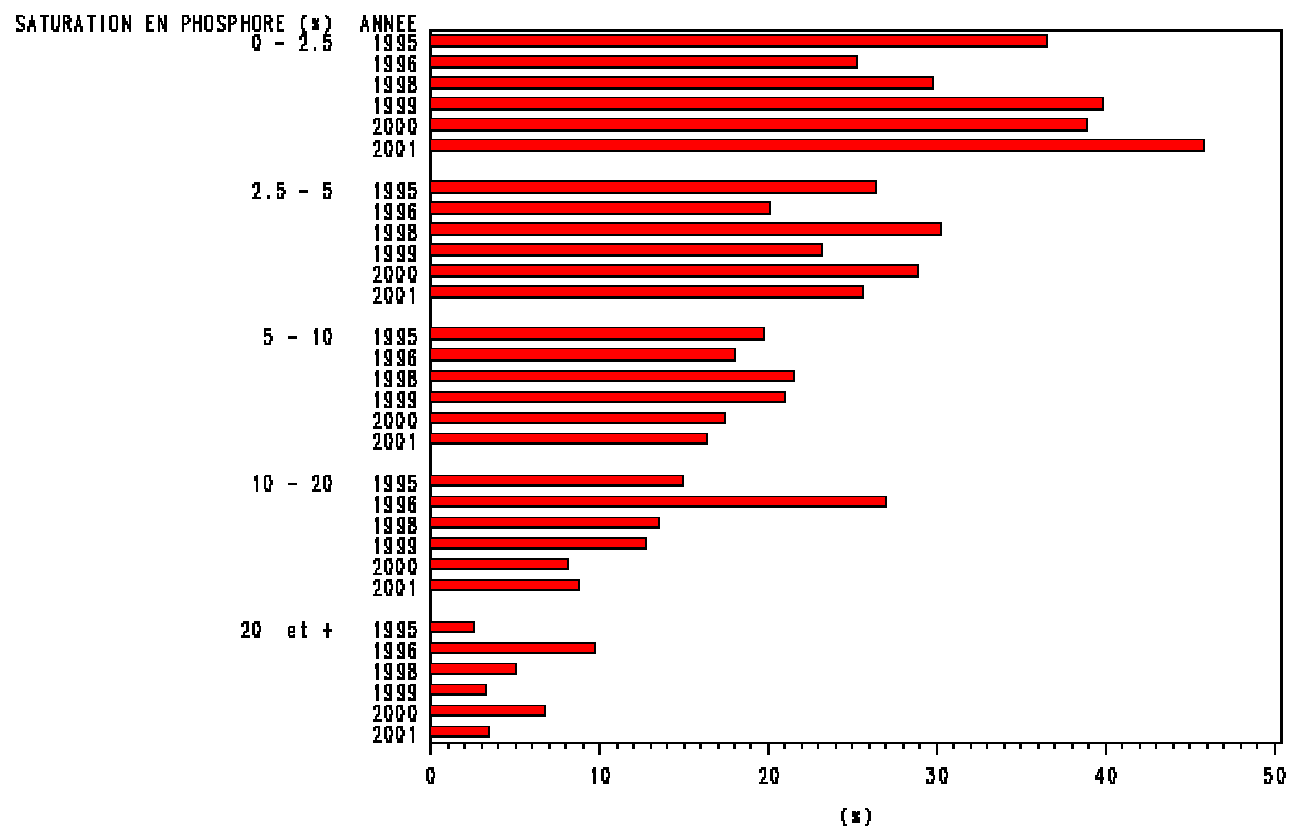


Figure 65 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Capitale Nationale (région = 3)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 4
 REGION=4

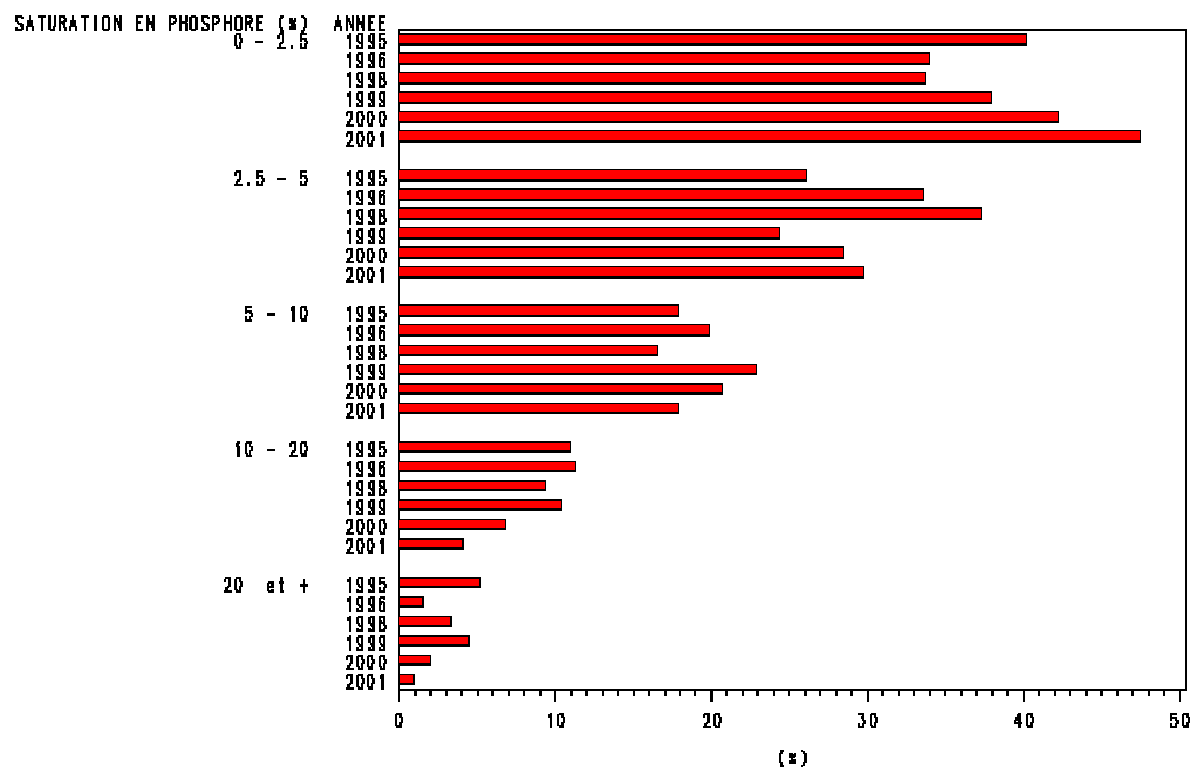


Figure 66 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Mauricie (région = 4)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 5
REGION=5

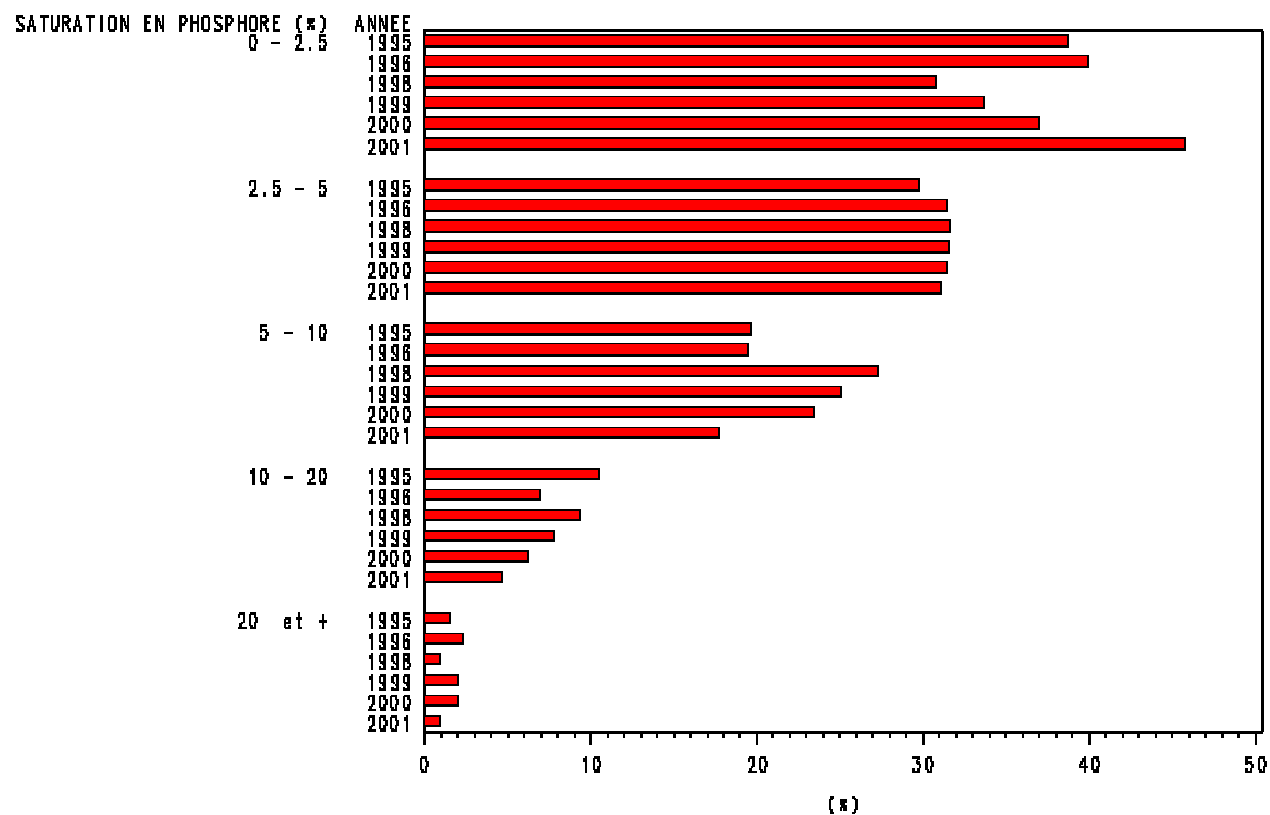


Figure 67 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de l'Estrie (région = 5)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 6
 REGION=6

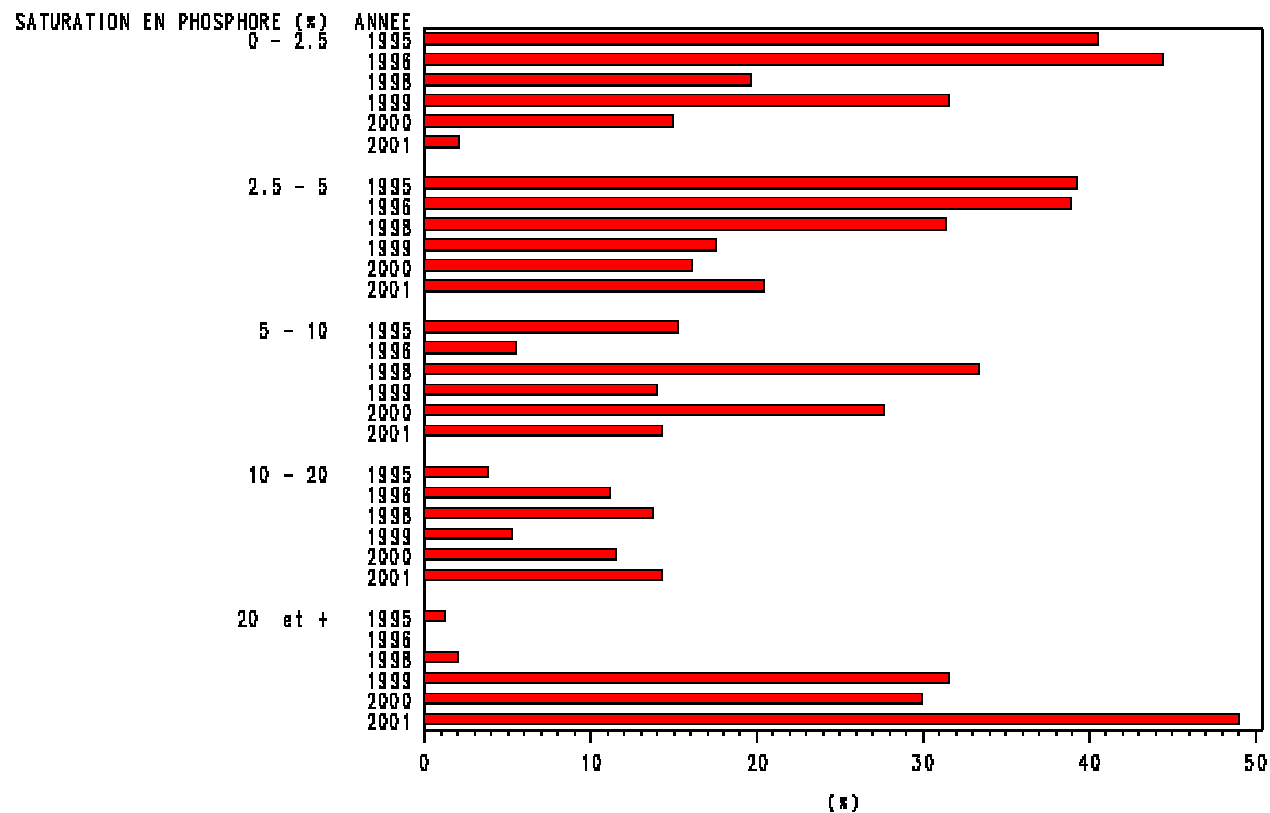


Figure 68 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de Montréal (région = 6)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 7
REGION=7

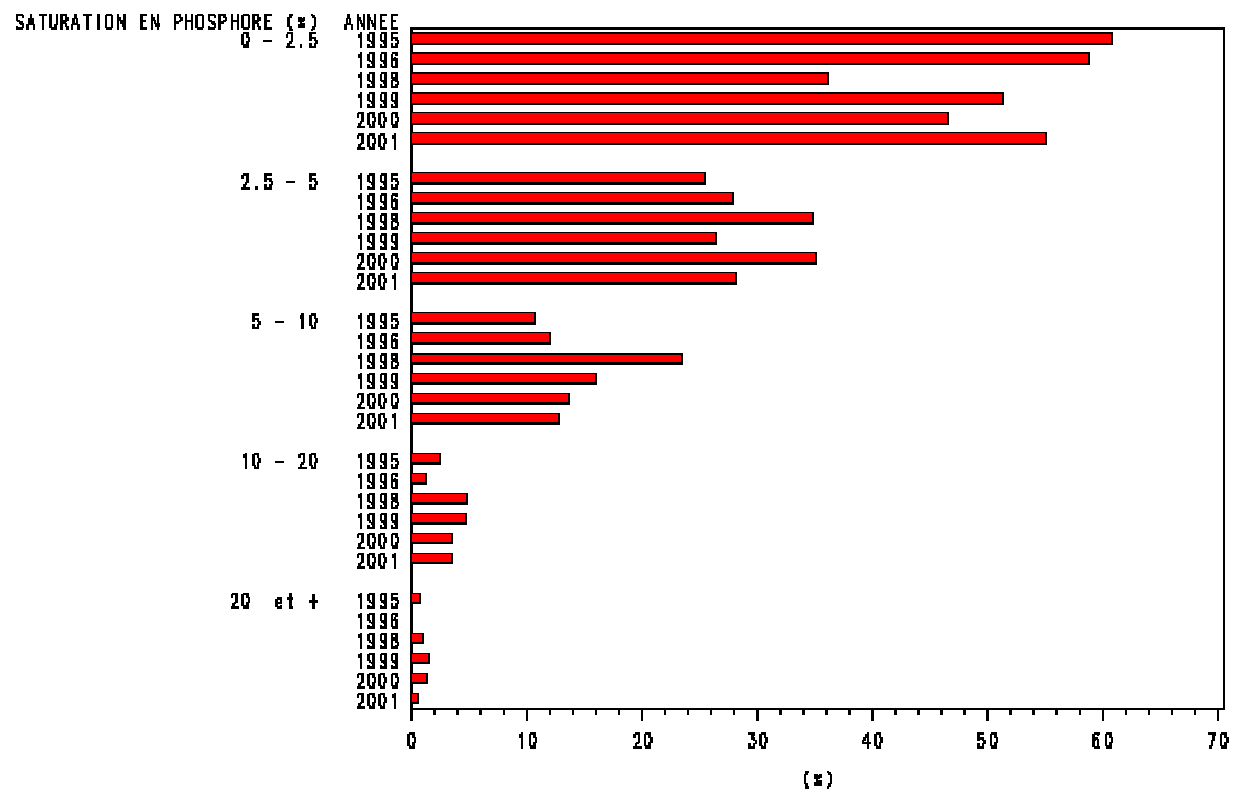


Figure 69 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de l'Outaouais (région = 7)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 8
REGION=8

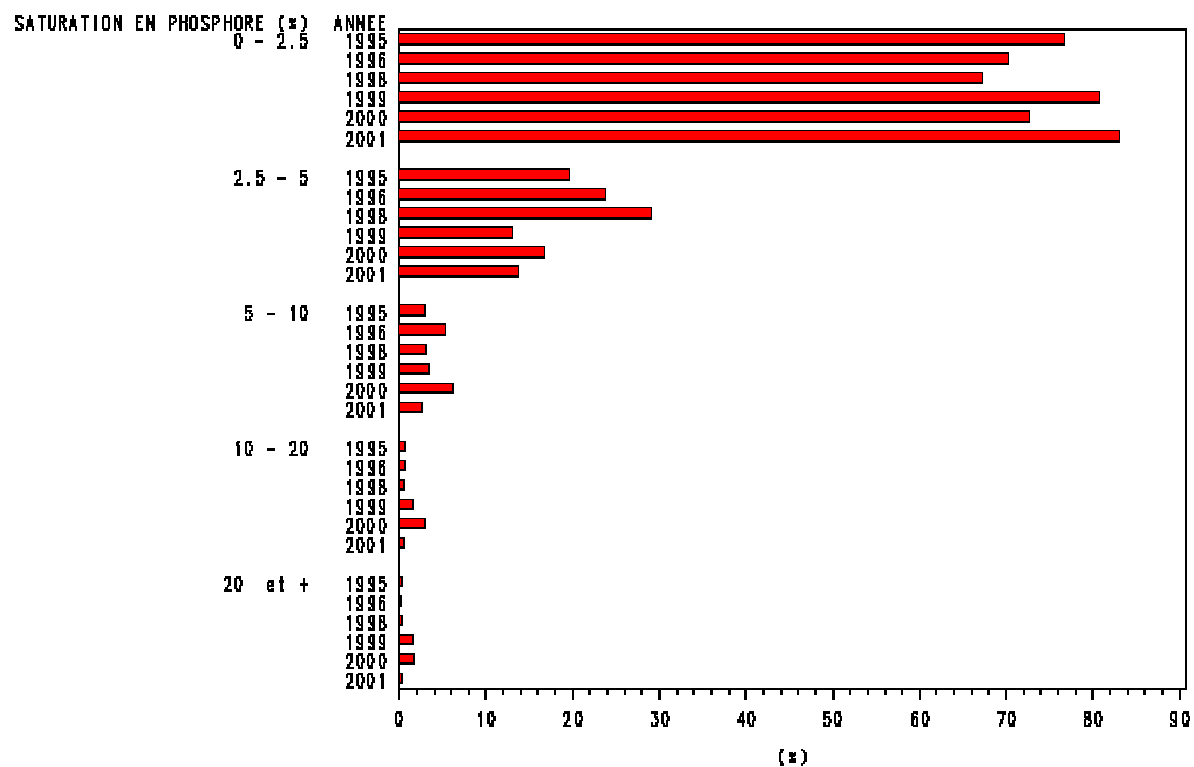


Figure 70 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue (région = 8)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 9
REGION=9

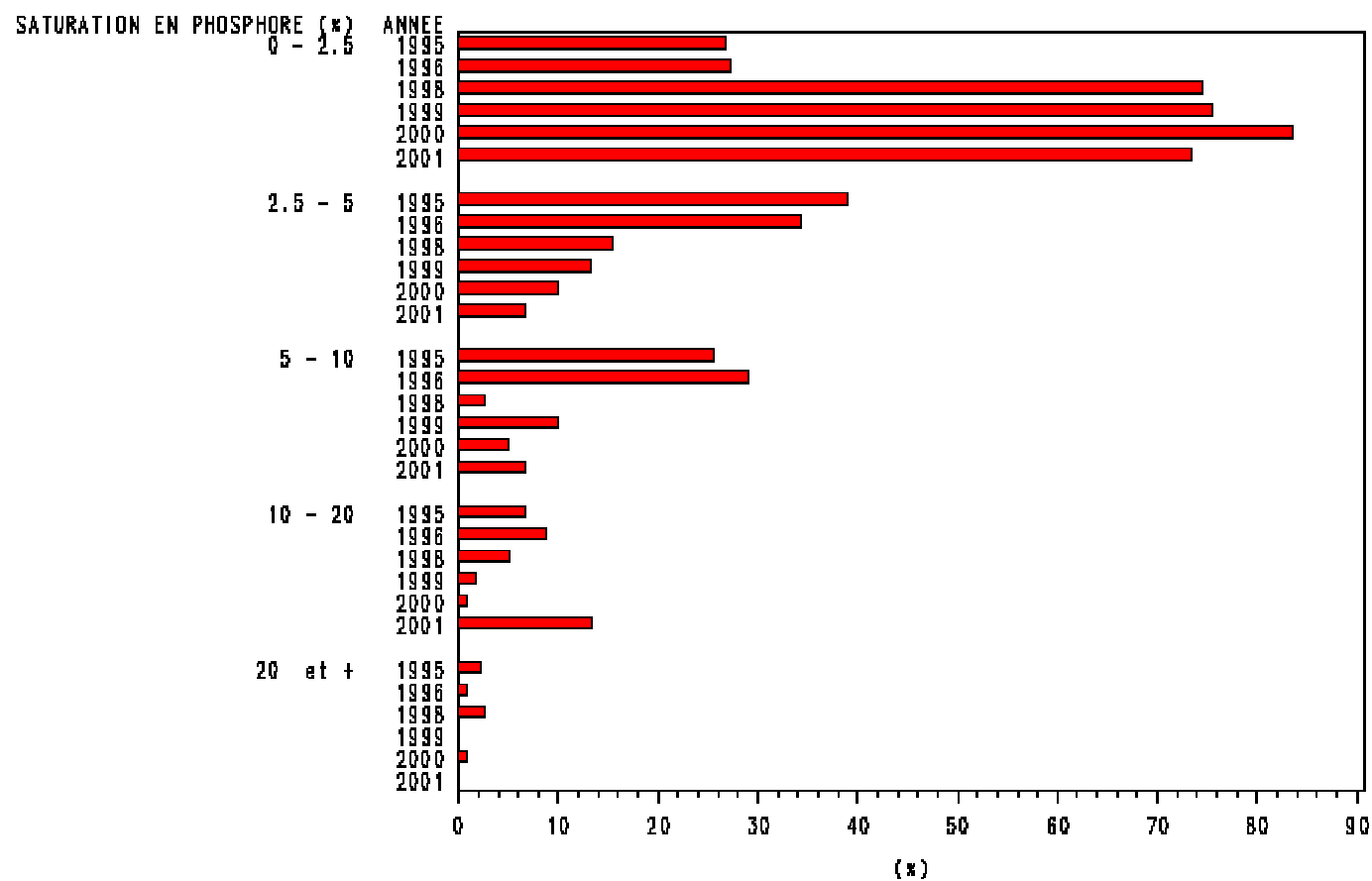


Figure 71 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Côte-Nord (région = 9)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 10
REGION=10

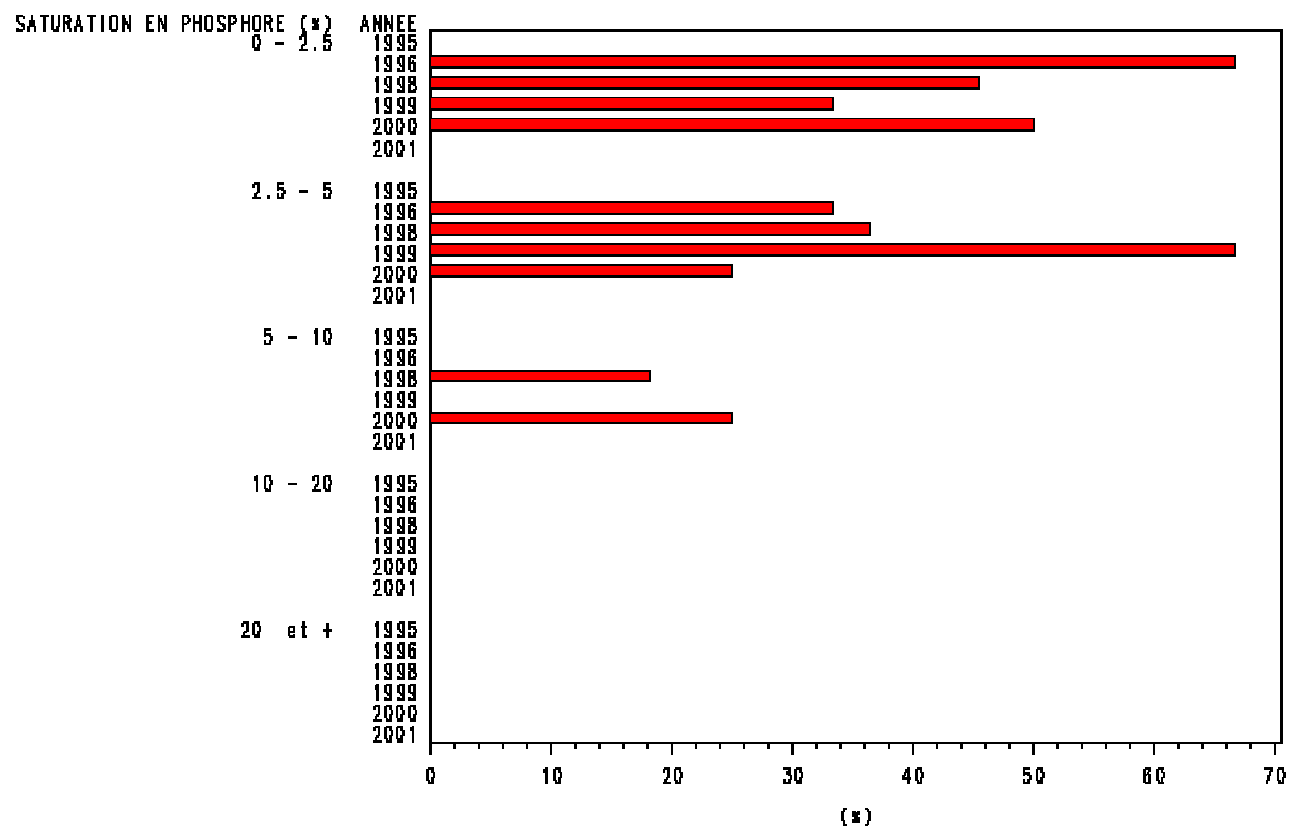


Figure 72 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région du Nord-du-Québec (région = 10)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 11
REGION=11

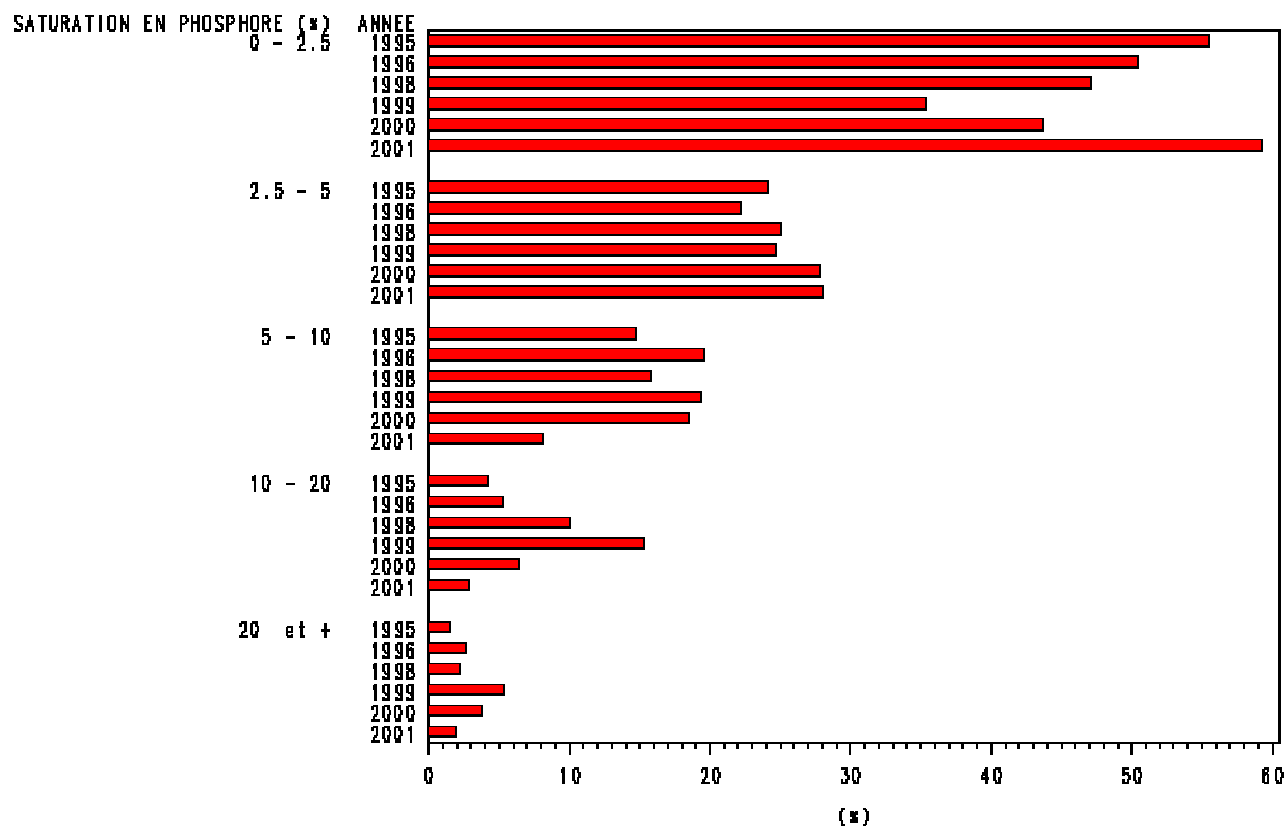


Figure 73 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (région = 11)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 12
REGION=12

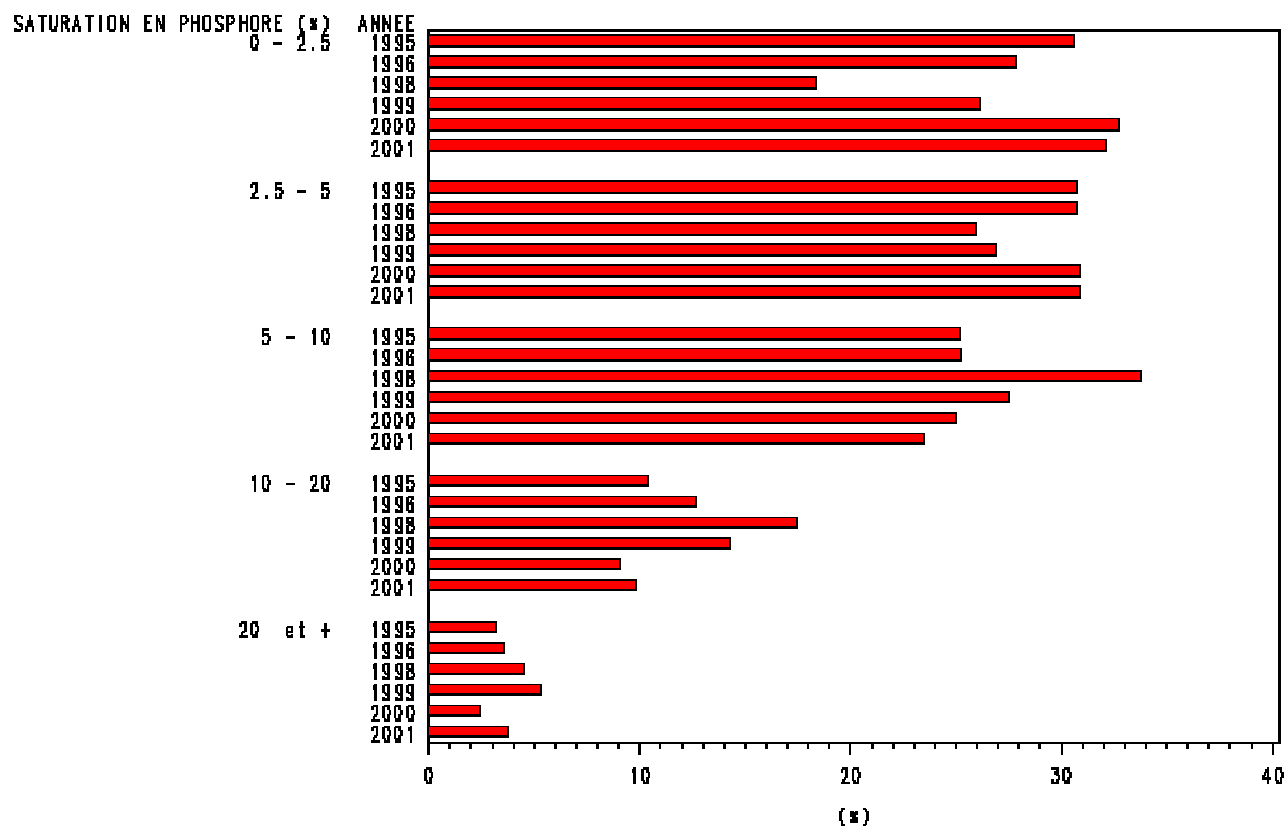


Figure 74 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Chaudière-Appalaches (région = 12)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 13
 REGION=13

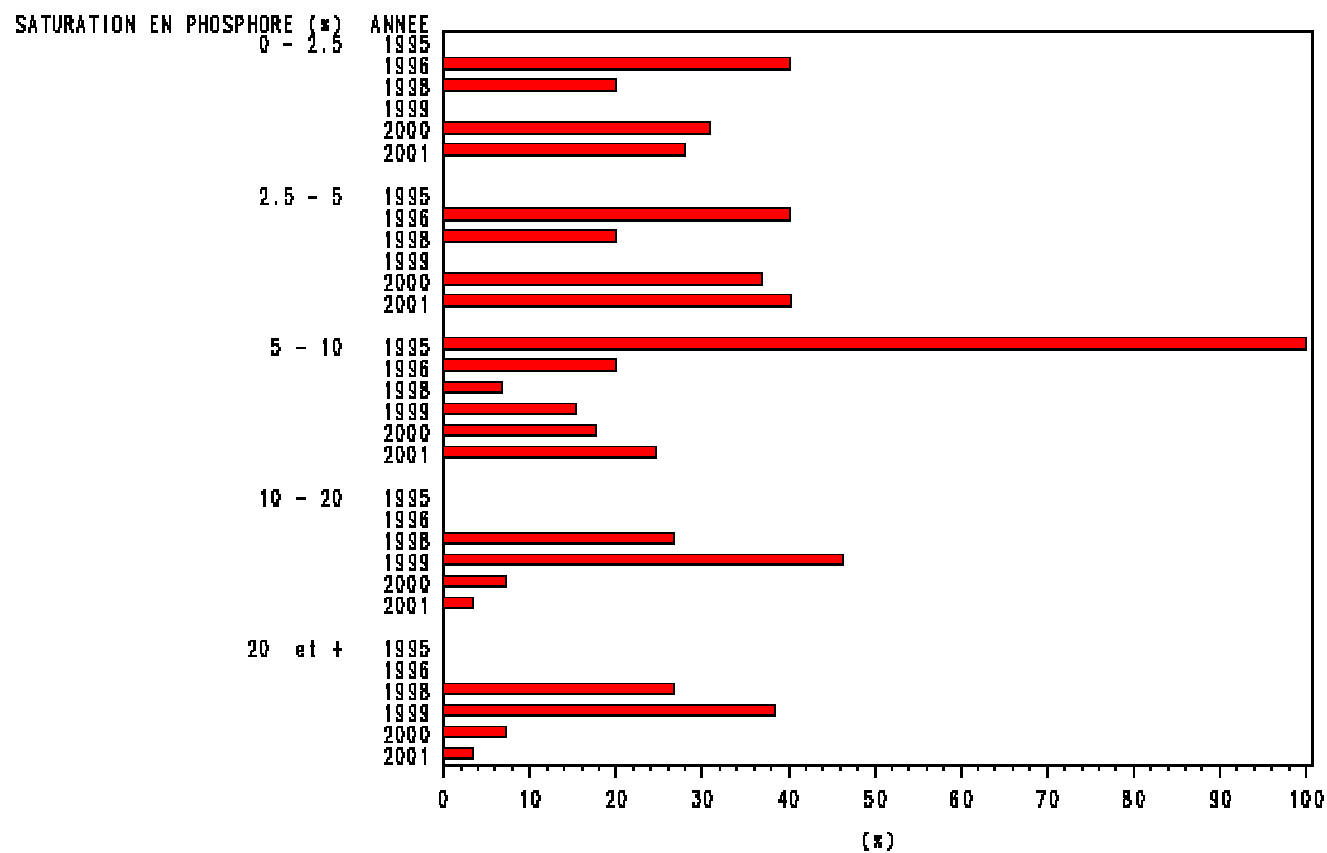


Figure 75 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de Laval (région =13)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 14
 REGION=14

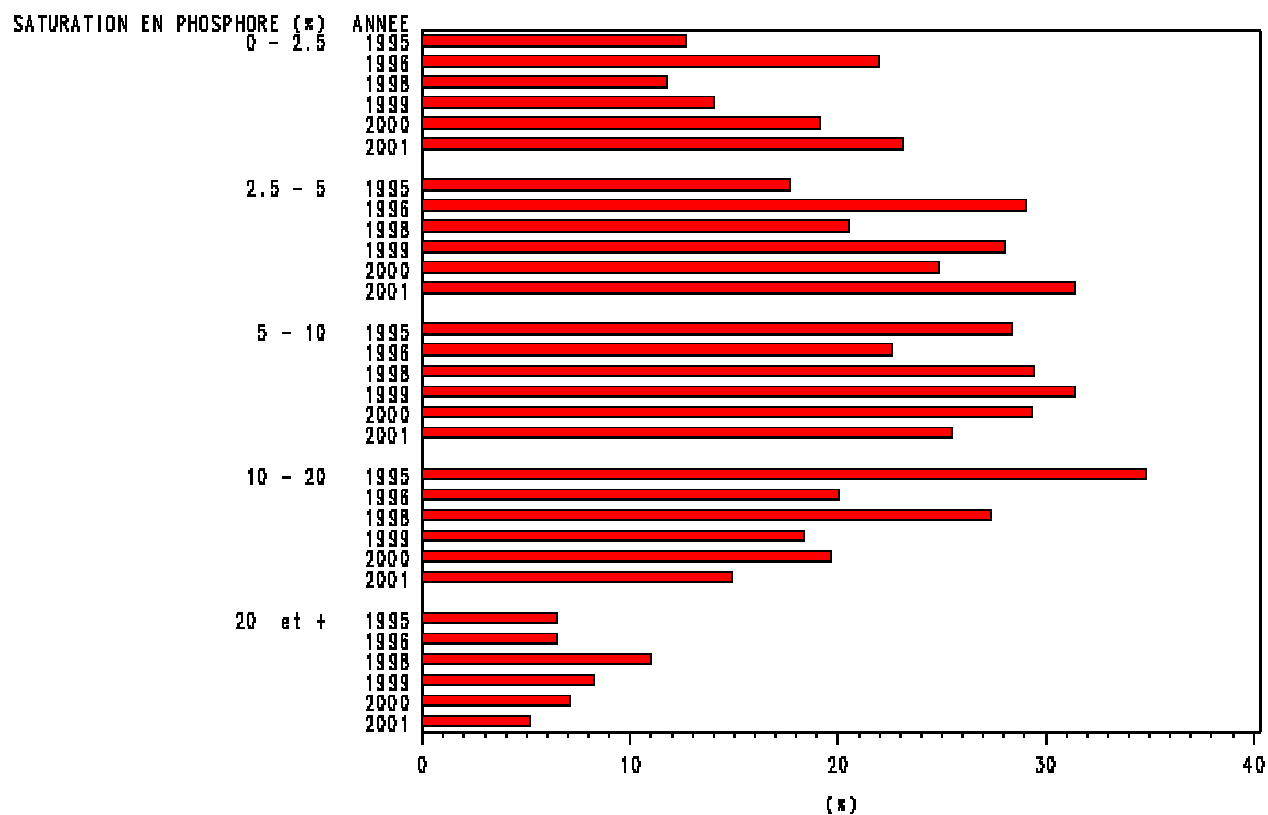


Figure 76 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de Lanaudière (région = 14)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 15
 REGION=15

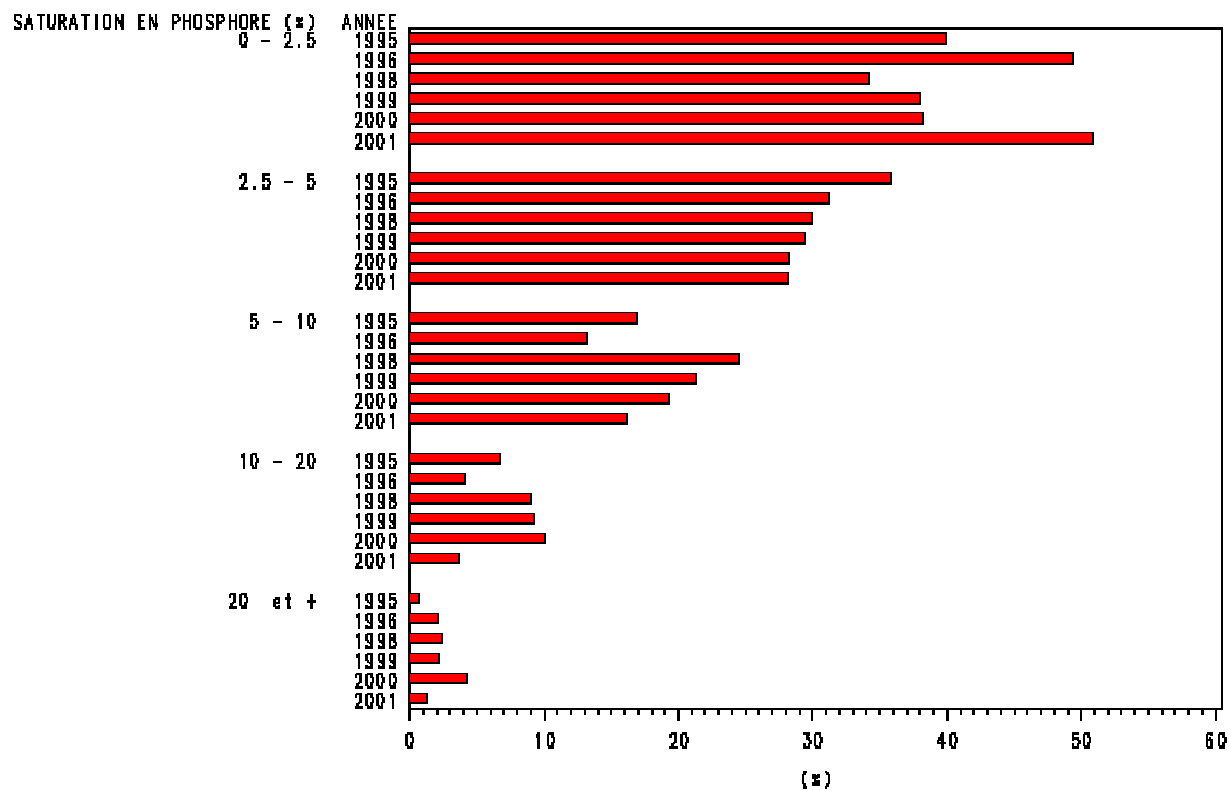


Figure 77 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région des Laurentides (région = 15)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 16
 REGION=16

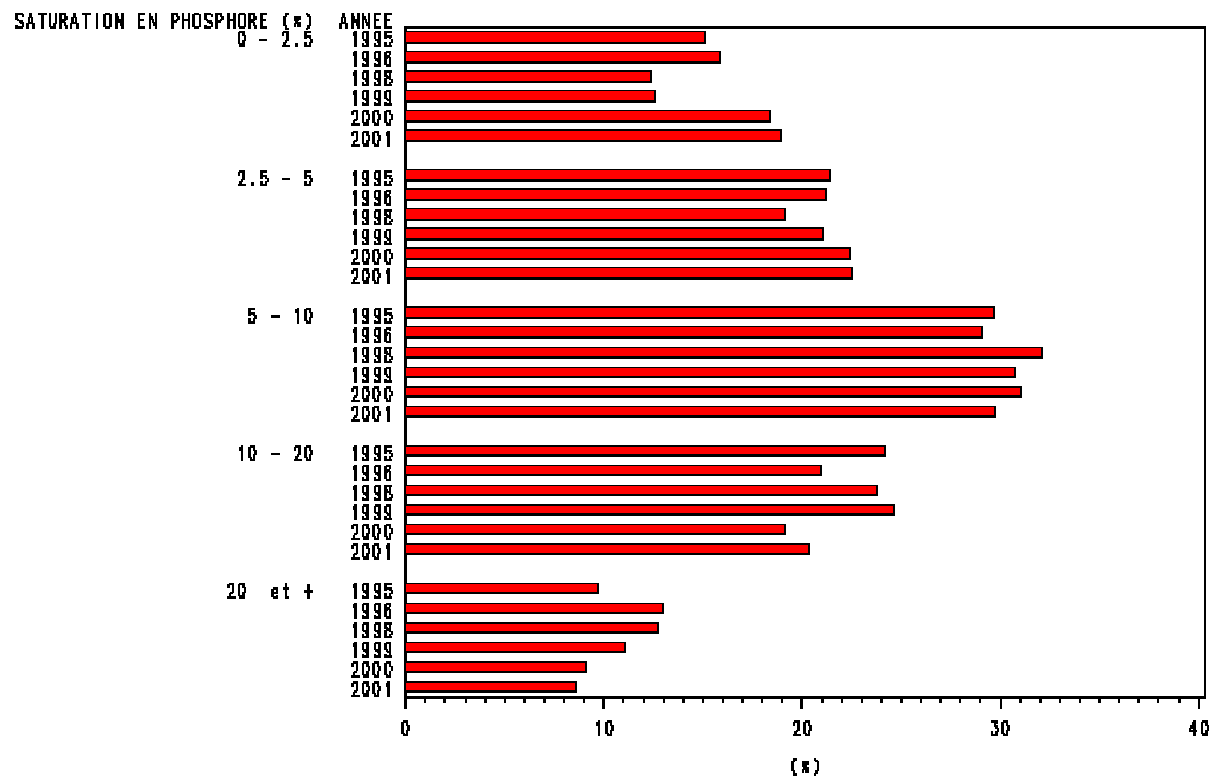


Figure 78 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Montérégie secteur est (région = 16)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 18
 REGION=18

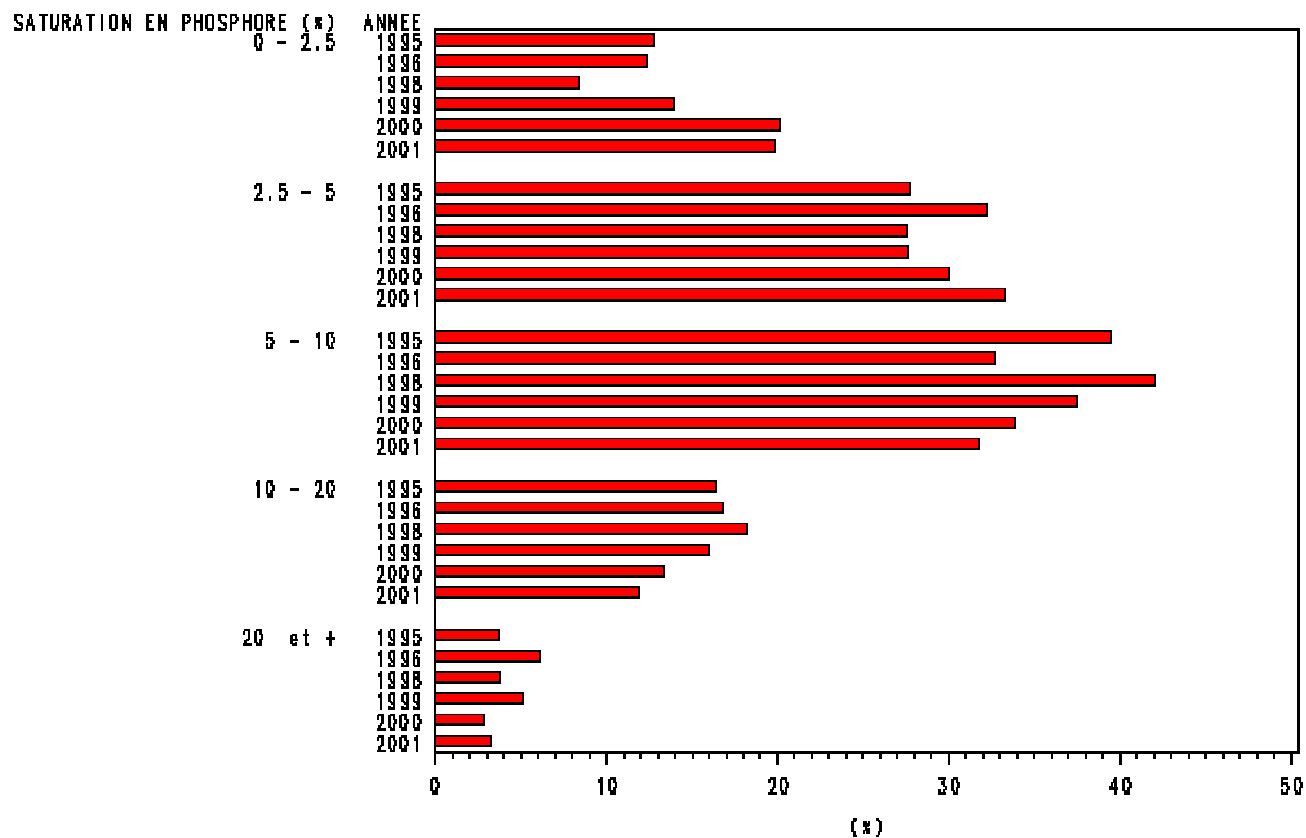


Figure 79 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région de la Montérégie secteur ouest (région = 18)

POURCENTAGE DU NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR CLASSE DE SATURATION EN PHOSPHORE (%) ET PAR ANNEE, POUR LA REGION 17
 REGION=17

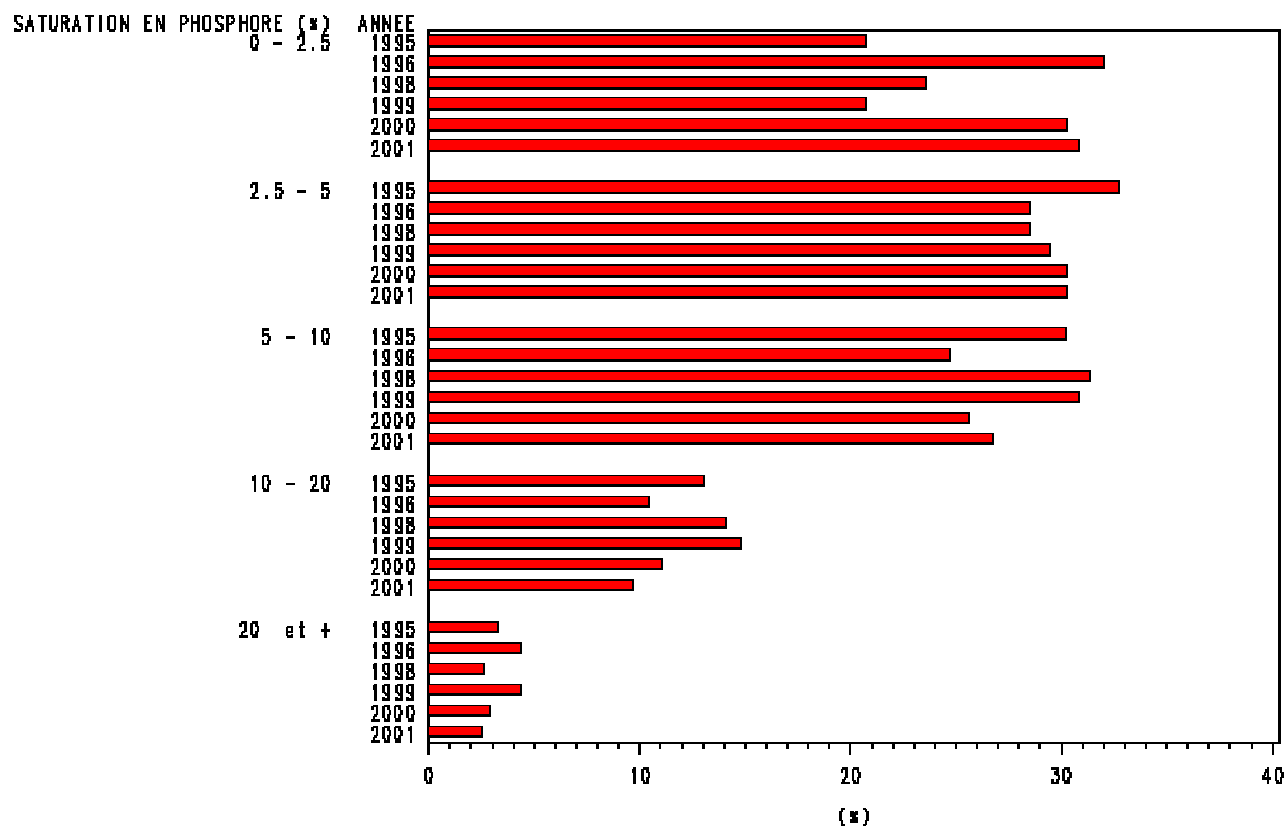


Figure 80 Distribution annuelle des observations du pourcentage de saturation des sols en phosphore pour la région du Centre-du-Québec (région = 17)

Annexe 5 Définitions et formules des statistiques provenant des différents tableaux et figures (Michèle Grenier, IRDA)

Tableau des moyennes, écart-types et intervalles de confiance à 95%

Les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance à 95% sont calculées ainsi :

$$\text{Limite inférieure : } \bar{X} - t(1 - \alpha/2; n - 1) \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Limite supérieure : } \bar{X} + t(1 - \alpha/2; n - 1) \frac{S}{\sqrt{n}}$$

où

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \text{la moyenne de l'échantillon, } n = \text{la taille de l'échantillon,}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \text{l'écart-type sur l'échantillon,}$$

$$\frac{S}{\sqrt{n}} = \text{l'erreur-type sur la moyenne,}$$

$t(1 - \alpha/2; n - 1)$ est la valeur critique correspondant au $(1 - \alpha/2)^e$ percentile d'une distribution de Student avec $(n - 1)$ degrés de liberté. On trouve cette valeur dans une table de distribution de Student. Lorsque n est très grand, la distribution de Student est proche d'une distribution normale. Dans ce cas, la valeur critique pour $\alpha = .05$ (pour un intervalle de confiance à 95%) est 1.96.

Interprétation de l'intervalle de confiance

L'intervalle de confiance à $100(1-\alpha)\%$ pour la moyenne a la propriété que si l'on répète l'échantillonnage un grand nombre de fois, une proportion de $100(1-\alpha)\%$ des intervalles calculés par cette méthode contiendront la vraie moyenne de la population.

Par exemple, supposons que la moyenne estimée de la quantité de phosphore est 153 kg/ha et que l'intervalle de confiance à 95% a pour limite inférieure 150 kg/ha et limite supérieure 156 kg/ha. On dit qu'on est confiant à 95% que la vraie valeur de la moyenne se situe dans cet intervalle et cette estimation est précise à $2\% = 100\%(156-153)/153$.

Supposons maintenant que nous voulions obtenir une estimation de la moyenne de la quantité de phosphore pour une région donnée. Quelle taille d'échantillon nous faudrait-il pour avoir une précision de 2% avec un niveau de confiance à 95%? Si nous avons une idée de l'écart-type et de la moyenne de la quantité de phosphore pour cette région, disons $\bar{X}=153$ et $S=100$, nous pouvons déterminer la taille de l'échantillon n nécessaire à partir de la formule de l'intervalle de confiance :

$$\bar{X} \pm t(1-\alpha/2; n-1) \frac{S}{\sqrt{n}}.$$

Puisque nous désirons une précision de 2% (=D),

$$D = t(1-\alpha/2; n-1) \frac{S}{\sqrt{n}} = 2\% \times \bar{X} = 2\% \times 153 = 3,$$

Pour une confiance à 95%, $\alpha = .05$, $t(1-\alpha/2; n-1) = 1.96$ et donc

$$n = \left(\frac{1.96}{D} S \right)^2 = \left(\frac{1.96 \times 100}{3} \right)^2 = 4269.$$

Tableau des médianes et percentiles

Médiane

La médiane de l'échantillon a la propriété d'avoir la moitié des observations qui lui sont supérieures et la moitié qui lui sont inférieures. La médiane est une mesure de la valeur centrale d'une distribution. Si la distribution est symétrique autour de sa moyenne, la médiane et la moyenne coïncident.

Percentile

Le 25^e percentile de la distribution est la valeur telle que 25% des observations lui sont inférieures. Le 75^e percentile de la distribution est la valeur telle que 75% des observations lui sont inférieures.

Distribution annuelle des observations (box-plot)

La longueur de la boîte représente l'écart interquartile, c'est-à-dire la distance entre le 25^e percentile et le 75^e percentile de l'échantillon.

La ligne horizontale à l'intérieur de la boîte représente la médiane.

Le « + » représente la moyenne.

Les lignes verticales de chaque côté de la boîte s'étendent jusqu'aux valeurs minimum et maximum de l'échantillon.

Tableau de la distribution de fréquences par classe du paramètre (tableau pour l'ensemble des années et tableau par année)

Fréquence réelle

La fréquence réelle pour une classe donnée du paramètre (saturation ou autre) est le nombre d'observations qui appartiennent à cette classe.

Pourcentage de la fréquence totale

Le pourcentage de la fréquence totale pour une classe donnée est « la fréquence réelle pour cette classe divisée par le nombre total d'observations » multipliée par 100.

Graphique du pourcentage du nombre d'observations par classe du paramètre et par année

Ce graphique est construit à partir des pourcentages provenant du tableau de la distribution de fréquences par classe du paramètre et par année.

Coefficient de corrélation du test de Pearson

Le coefficient de corrélation se calcule ainsi :

$$\rho_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

On effectue le test d'indépendance suivant : $\text{Prob} > |r|$ under $H_0: \text{Rho}=0$ (pas de relation linéaire). Si $P < .05$, alors on rejette l'hypothèse H_0 et on conclut qu'il existe une dépendance linéaire entre les variables.

Références :

Snedecor, Georges W. et Cochran, William G. (1957). Méthodes statistiques, sixième édition, Association de Coordination Technique Agricole, Paris.

Les statistiques ont été calculées à l'aide de la version 8.1 de SAS[®], SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA.