
Dépôt Institutionnel de l'Université libre de Bruxelles /
Université libre de Bruxelles Institutional Repository
Thèse de doctorat/ PhD Thesis

Citation APA:

Van Schoor, G. (1938). *Les relations entre la composition élémentaire de la plante et son alimentation* (Unpublished doctoral dissertation). Université libre de Bruxelles, Faculté des sciences, Bruxelles.

Disponible à / Available at permalink : <https://dipot.ulb.ac.be/dspace/bitstream/2013/294981/3/eb1fe7a7-dc2c-4994-afad-139f3321af4c.txt>

(English version below)

Cette thèse de doctorat a été numérisée par l'Université libre de Bruxelles. L'auteur qui s'opposerait à sa mise en ligne dans DI-fusion est invité à prendre contact avec l'Université (di-fusion@ulb.be).

Dans le cas où une version électronique native de la thèse existe, l'Université ne peut garantir que la présente version numérisée soit identique à la version électronique native, ni qu'elle soit la version officielle définitive de la thèse.

DI-fusion, le Dépôt Institutionnel de l'Université libre de Bruxelles, recueille la production scientifique de l'Université, mise à disposition en libre accès autant que possible. Les œuvres accessibles dans DI-fusion sont protégées par la législation belge relative aux droits d'auteur et aux droits voisins. Toute personne peut, sans avoir à demander l'autorisation de l'auteur ou de l'ayant-droit, à des fins d'usage privé ou à des fins d'illustration de l'enseignement ou de recherche scientifique, dans la mesure justifiée par le but non lucratif poursuivi, lire, télécharger ou reproduire sur papier ou sur tout autre support, les articles ou des fragments d'autres œuvres, disponibles dans DI-fusion, pour autant que :

- Le nom des auteurs, le titre et la référence bibliographique complète soient cités;
- L'identifiant unique attribué aux métadonnées dans DI-fusion (permalink) soit indiqué;
- Le contenu ne soit pas modifié.

L'œuvre ne peut être stockée dans une autre base de données dans le but d'y donner accès ; l'identifiant unique (permalink) indiqué ci-dessus doit toujours être utilisé pour donner accès à l'œuvre. Toute autre utilisation non mentionnée ci-dessus nécessite l'autorisation de l'auteur de l'œuvre ou de l'ayant droit.

----- English Version -----

This Ph.D. thesis has been digitized by Université libre de Bruxelles. The author who would disagree on its online availability in DI-fusion is invited to contact the University (di-fusion@ulb.be).

If a native electronic version of the thesis exists, the University can guarantee neither that the present digitized version is identical to the native electronic version, nor that it is the definitive official version of the thesis.

DI-fusion is the Institutional Repository of Université libre de Bruxelles; it collects the research output of the University, available on open access as much as possible. The works included in DI-fusion are protected by the Belgian legislation relating to authors' rights and neighbouring rights. Any user may, without prior permission from the authors or copyright owners, for private usage or for educational or scientific research purposes, to the extent justified by the non-profit activity, read, download or reproduce on paper or on any other media, the articles or fragments of other works, available in DI-fusion, provided:

- The authors, title and full bibliographic details are credited in any copy;
- The unique identifier (permalink) for the original metadata page in DI-fusion is indicated;
- The content is not changed in any way.

It is not permitted to store the work in another database in order to provide access to it; the unique identifier (permalink) indicated above must always be used to provide access to the work. Any other use not mentioned above requires the authors' or copyright owners' permission.

LES RELATIONS ENTRE LA COMPOSITION ELEMENTAIRE DE LA

PLANTE ET SON ALIMENTATION.

Germaine H. J. VAN SCHOOR.

THESES ANNEXES
=====

RESUME DES THESES

ANNUAIRE DE LA SOCIETE

DE LA SOCIETE

THESE ANNEXE N° 1

LES BESOINS ALIMENTAIRES D'UNE PLANTE EVOLUENT
AU COURS DE LA VEGETATION.

Marie ESTACHE 5963.

I. Synthèse directe. - 30 - 15 - 15 / 40 - 30 - 30 / 1,4
50 - 25 - 25 / 40 - 15 - 15 / 1,1

Prélèvements	Traitements					
	N	S	P	K	Ca	Mg

1. le rendement pondéral total (g par plante)

1	0,007	0,009	0,011	0,010	0,011	0,008
2	0,10	0,17	0,20	0,15	0,14	0,11
3	3,8	6,2	8,1	5,9	5,1	4,7
4	44,3	48,3	47,6	22,3	20,7	50,9
5	192,9					166,9

THESE ANNEXE N° 1

2. le rendement foliaire en acide sec (g par plante)

3	3,8	4,8	6,1	4,3	4,2	4,9
4	25,6	16,2	18,6	20,5	20,2	26,4
5	61,8	22,8	23,7	8,2		28,3

LES BESOINS ALIMENTAIRES D'UNE PLANTE EVOLUENT

3. le rendement en rac AU COURS DE LA VEGETATION.

3	0,5	1,1	1,6	0,9	0,7	0,6
4	14,7	27,3	25,2	29,1	16,4	20,7
5	111,7	50,9	54,3	96,6	84,9	93,5

Série BETACHIM 5563.

I. Symétrie directe. $\sim 70 - 15 - 15 / 40 - 30 - 30 / 1,1$
 $50 - 25 - 25 / \sim 70 - 15 - 15 / 1,1$

Prélèvements	Traitements					
	N	S	P	K	Ca	Mg

1. le rendement pondéral total (g par plante)

1	0,007	0,009	0,011	0,010	0,011	0,008
2	0,10	0,17	0,20	0,15	0,14	0,11
3	3,8	6,2	8,1	5,9	5,1	4,7
4	44,8	48,3	47,6	72,3	49,7	50,9
5	192,9	84,8	90,7	166,9	153,4	166,9

2. le rendement foliaire en poids sec (g par plante)

3	3,0	4,8	6,1	4,8	4,2	4,0
4	26,8	18,2	18,8	38,5	28,2	26,4
5	61,4	22,8	29,1	54,4	53,8	59,8

3. le rendement en racine, en poids sec (g par plante)

3	0,6	1,1	1,6	0,9	0,7	0,6
4	14,7	27,3	25,2	29,1	18,4	20,7
5	111,7	58,0	54,3	96,6	84,9	93,5

Prélèvements	Proportions relatives					
	Anions			Cations		
	NO ₃	SO ₄ :2	PO ₄ :3	K	Ca:2	Mg:2
1/ <u>Formule assurant la meilleure production totale.</u>						
1	26	33	41	34	38	28
2	21	36	43	38	35	27
3	21	34	45	38	32	30
4	32	34	34	42	29	29
5	52	23	25	34	32	34
2. <u>Formule assurant le meilleur développement foliaire.</u>						
3	22	34	44	37	32	31
4	42	29	29	42	30	28
5	54	20	26	32	32	36
3. <u>Formule assurant le meilleur développement de la racine.</u>						
3	22	32	46	40	33	27
4	22	41	37	43	27	30
5	50	26	24	35	31	34

THESE ANNEXE N° 2

L'APPLICATION DE LA METHODE DES VARIANTES SYSTEMATIQUES

A DEUX GROUPES DE POINTS SYMETRIQUES

(symétrie directe et symétrie inversée)

CONDUISENT A DES RESULTATS CONCORDANTS.

		Poids frais						Poids sec					
		Anions			Cations			Anions			Cations		
		NO3	SO4	PO4	K	Ca	Mg	NO3	SO4	PO4	K	Ca	Mg
Tabac 1955													
	D	51	25	24	32	34	32	-	-	-	-	-	-
	I	48	25	27	35	33	32						
Tabac 1955													
	D	11	10	7	-	-	-	14	13	7	-	-	-
	I	11	12	7	-	-	-	13	13	7	-	-	-
THESE ANNEXE N° 2													
Maïs 1955													
	D	-	-	-	38	17	45	-	-	-	37	17	46
	I				34	25	41				32	25	42
Battarave 1955													
Total 20e j D		51	33	43	32	33	35	26	33	41	34	32	28
L'APPLICATION DE LA METHODE DES VARIANTES SYSTEMATIQUES													
A DEUX GROUPES DE POINTS SYMETRIQUES													
(symétrie directe et symétrie inversée)													
CONDUISENT A DES RESULTATS CONCORDANTS.													
110e j D		32	30	31	44	27	29	-	-	-	45	29	29
	I	44	26	30	38	31	31				37	31	32
180e j D		53	13	19	36	30	34	55	22	25	35	31	34
	I	56	22	22	34	22	33	61	23	24	35	32	32
Battarave 1955													
Racines 60e j D		-	-	-	43	31	27	-	-	-	43	33	27
	I				38	32	30				36	32	32
110e j D		-	-	-	43	26	31	-	-	-	43	27	30
	I				25	31	31				27	31	32
180e j D		55	22	23	35	31	33	50	26	24	35	31	34
	I	54	22	24	34	23	33	50	23	27	35	32	32
Maïs 1955													
30e j D		-	-	-	31	32	27	-	-	-	32	32	26
	I				31	34	26				31	34	25
50e j D		-	-	-	30	22	42	-	-	-	-	-	-
	I				25	30	35				-	-	-

		Poids frais						Poids sec					
		Anions			Cations			Anions			Cations		
		NO3	SO4	PO4	K	Ca	Mg	NO3	SO4	PO4	K	Ca	Mg
<u>Tabac 1956</u>													
	D	51	25	24	33	34	33	-	-	-	-	-	-
	I	48	25	27	35	33	32						
<u>Tabac 1955</u>													
	D	11	10	79	-	-	-	14	13	73	-	-	-
	I	11	12	77				12	13	75			
<u>Maïs 1954</u>													
	D	-	-	-	38	17	45	-	-	-	37	17	46
	I				34	25	41				32	25	43
<u>Betterave 1955</u>													
Total 26e j	D	21	33	46	35	39	26	26	33	41	34	38	28
	I	27	34	39	35	35	30	30	33	37	38	33	29
47e j	D	-	-	-	41	32	27	-	-	-	38	35	27
	I				38	32	30				37	32	31
69e j	D	-	-	-	40	32	28	-	-	-	38	32	30
	I				37	33	30				36	33	31
110e j	D	39	30	31	44	27	29	-	-	-	42	29	29
	I	44	26	30	38	31	31				37	31	32
180e j	D	63	18	19	36	30	34	55	22	23	35	31	34
	I	56	22	22	34	33	33	51	23	26	35	33	32
<u>Betterave 1955</u>													
Racines 69e j	D	-	-	-	42	31	27	-	-	-	40	33	27
	I				38	32	30				36	32	32
110e j	D	-	-	-	43	26	31	-	-	-	43	27	30
	I				38	31	31				37	31	32
180e j	D	55	22	23	36	31	33	50	26	24	35	31	34
	I	54	22	24	34	33	33	50	23	27	35	33	32
<u>Maïs 1955</u>													
30e j	D	-	-	-	31	32	37	-	-	-	32	32	36
	I				31	34	35				31	34	35
59e j	D	-	-	-	30	28	42	-	-	-	-	-	-
	I				35	30	35						

		Poids frais						Poids sec					
		Anions			Cations			Anions			Cations		
		NO3	SO4	PO4	K	Ca	Mg	NO3	SO4	PO4	K	Ca	Mg
<u>Tomate (L.B.B.)</u>													
Fruits	D	44	27	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	42	30	28									
<u>Tomate (Hanner)</u>													
Végétatif	D	60	20	20	39	33	28						
	I	56	23	21	36	35	29						

TABLE ANNEXE N° 3

L'ALIMENTATION D'UNE FAMILLE EN DEPENDANCE ECONOMIQUE
PAUVRE, A L'AIDE DE QUELQUES MESURES D'HYGIENE DE
MELANGES D'ACIDES OU DE MELANGES DE BASES, JUSQU'EN JUNE
DE LE STATUT ALIMENTAIRE DU SUJET ET DE LA FAMILLE
DE SON UTILISATION.

THESE ANNEXE N° 3

L'ALIMENTATION D'UNE PLANTE SUR UN SUBSTRAT EXPERIMENTAL
PAUVRE, A L'AIDE DE SOLUTIONS UNIQUEMENT CONSTITUEES DE
MELANGES D'ACIDES OU DE MELANGES DE BASES. JETTE UN JOUR
SUR LE STATUT ALIMENTAIRE DU SUBSTRAT ET LES POSSIBILITES
DE SON UTILISATION.

Solution : 58 - 16 - 16 / 42 - 29 - 29 / 1,2
42 - 29 - 29 / 58 - 16 - 16 / 1,2

Dose : 545 milliéquivalents-grammes négatifs et 455 milliéquivalents grammes positifs en 3 fois pour N - S - K - Mg.

420 milliéquivalents-grammes négatifs et 550 milliéquivalents grammes positifs en 70 fois respectivement pour Ca et Fe.

THESE ANNEXE N° 3

POIDS SECHES PRODUITS EN G.

Traitement	N	S	K	Mg	Moy	Ca	Fe	T
<u>L'ALIMENTATION D'UNE PLANTE SUR UN SUBSTRAT EXPERIMENTAL</u> <u>1. PAUVRE, A L'AIDE DE SOLUTIONS UNIQUEMENT CONSTITUEES DE</u> <u>MELANGES D'ACIDES OU DE MELANGES DE BASES, JETTE UN JOUR</u> <u>SUR LE STATUT ALIMENTAIRE DU SUBSTRAT ET LES POSSIBILITES</u> <u>DE SON UTILISATION.</u>								
Poids frais	360	341	413	400	363	313	85	47
Poids sec	46	47	52	51	49	40	11	6

OPTION N° 2.

	Sur frais			Sur sec		
	brut	avec Fe	avec T	brut	avec Fe	avec T
Sur sable	65-34	65-34	65-34	62-38	62-38	62-38
Sur terre	53-47	54-46	54-46	49-51	49-51	49-51

NICOSABLE 5662 - NICOGEE 5663

Solution : $\sim 68 - 16 - 16 / 42 - 29 - 29 / 1,2$
 $42 - 29 - 29 / \sim 68 - 16 - 16 / 1,2$

Dose : 545 milliéquivalents-grammes négatifs et 455 milliéquivalents grammes positifs en 3 fois pour N - S - K - Mg.

420 milliéquivalents-grammes négatifs et 350 milliéquivalents grammes positifs en 70 fois respectivement pour Ta et Tc.

POIDS AERIEN PRODUIT EN G.

Traitement	N	S	K	Mg	Moy	Ta	Tc	T
1. <u>SUR SABLE.</u>								
Poids frais	652	341	473	567	509	157	6	5
Poids sec	77	48	53	71	62	23	1	0,9
2. <u>SUR TERRE.</u> (20 % terre + 80 % sable)								
Poids frais	386	341	413	400	385	313	85	47
Poids sec	46	47	52	51	49	40	11	6

OPTIMUM N - S.

	Sur frais			Sur sec		
	brut	avec Tc	avec T	brut	avec Tc	avec T
Sur sable	66-34	66-34	66-34	62-38	62-38	62-38
Sur terre	53-47	54-46	54-46	49-51	49-51	49-51

OPTIMUM K - Mg.

	Sur frais			Sur sec		
	brut	avec Ta	avec T	brut	avec Ta	avec T
Sur sable	45-55	44-56	45-55	43-57	38-62	43-57
Sur terre	51-49	54-46	51-49	51-49	52-48	51-49

CÔTE DE DEVELOPPEMENT AU 18^e JOUR DE TRAITEMENT. (côté de 1 à 6)

	N	S	K	Mg	Ta	Tc	T
Sur sable	5,0	5,1	3,4	5,0	5,2	2,7	2,8
Sur terre	3,5	4,2	4,3	4,4	4,2	4,0	3,8

COTE DE COULEUR. (côté de 1 à 6)

	N	S	K	Mg	Ta	Tc	T
Sur sable	3,9	4,0	4,0	4,0	4,2	2,7	2,3
Sur terre	4,8	4,3	4,3	4,5	4,8	4,2	4,0

HAUTEURS.

Traitement	N	S	K	Mg	Moy	Ta	Tc	T	
1. <u>SUR SABLE.</u>									
A. <u>Hauteur moyenne par plante (à partir du substrat) en cm</u> (plan moyen de la feuille supérieure).									
Jours de culture	20	9,0	8,0	5,6	8,7	7,83	8,5	3,5	4,2
	26	8,7	8,5	5,2	8,2	7,67	8,3	3,0	3,7
	35	12,5	12,7	9,8	13,8	12,23	13,0	4,3	5,0
	41	16,4	15,9	11,5	17,2	15,27	16,3	5,2	5,5
	47	19,5	18,9	13,9	22,0	18,58	19,8	5,8	6,7
	55	35,5	35,8	27,0	41,9	35,06	31,0	6,5	6,8
B. <u>Hauteur moyenne à la cicatrice de pincage (à partir du substrat) en cm.</u>									
Jours de culture	62	35,4	35,7	29,1	39,0	34,81	33,0	6,3	6,3
	69	37,4	38,3	33,3	41,4	37,60	36,0	7,7	8,0
	77	37,7	38,0	33,4	42,1	37,79	37,3	6,9	6,5
	83	38,4	38,4	33,8	41,3	37,98	37,0	7,0	7,5
2. <u>SUR TERRE.</u>									
A. <u>Hauteur moyenne par plante en cm (à partir du substrat)</u> (plan moyen feuille supérieure)									
Jours de culture	20	4,6	6,8	6,5	6,2	6,02	6,5	5,7	5,8
	26	4,6	6,5	6,9	6,6	6,15	7,2	5,8	6,5
	35	8,3	9,7	11,2	10,9	10,00	12,2	9,7	8,7
	41	8,5	11,4	13,2	12,9	11,52	13,8	10,0	9,8
	47	11,2	15,2	17,5	17,0	15,23	18,2	12,0	12,0
	55	19,7	28,3	30,2	30,3	27,14	32,7	17,2	15,5
B. <u>Hauteur moyenne en cm (à partir du substrat--> cicatrice de pincage).</u>									
Jours de culture	62	22,5	30,5	31,8	31,6	29,10	39,5	16,8	15,0
	69	27,4	36,3	37,0	36,7	34,33	44,3	20,2	18,0
	77	29,5	37,0	38,8	37,8	35,75	46,3	28,5	25,0
	83	30,3	36,3	37,9	37,8	35,56	45,3	30,8	30,7

LONGUEUR ET LARGEUR EN CM DE LA 1^{oe}. FEUILLE.

Moyenne par plante en cm.

Trt	N		S		K		Mg		Moy		Ta		Tc		T	
Jours de cul- ture.	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l

1. SUR SABLE.

20	6,6	2,9	7,0	3,0	4,1	1,5	6,4	2,2	6,02	2,42	8,0	3,5	0,5	0,3	0,5	0,3
26	13,7	5,9	13,7	5,8	7,1	3,1	13,7	5,3	12,06	5,04	14,2	6,5	2,5	1,5	2,3	1,3
35	24,6	11,0	25,2	11,2	17,3	6,2	26,3	11,2	23,38	9,90	22,2	10,7	5,2	2,0	5,2	2,2
41	30,8	14,0	31,4	13,8	21,7	7,6	33,5	14,7	29,40	12,50	25,3	12,3	6,2	2,7	6,0	2,8
47	35,8	15,7	35,2	15,2	24,6	8,2	38,3	16,7	33,50	13,95	25,8	12,8	7,2	3,2	7,0	3,2
55	38,2	16,2	36,7	15,4	26,4	8,5	41,2	17,0	35,65	14,22	26,7	12,3	8,3	3,2	7,8	3,0

2. SUR TERRE.

20	2,0	0,8	4,3	1,8	5,3	2,3	3,5	1,5	3,79	1,62	4,0	1,5	5,3	1,6	4,5	1,6
26	6,1	2,5	8,4	3,6	10,7	4,6	8,3	3,5	8,15	3,54	8,7	3,8	6,8	3,2	5,8	2,8
35	12,5	5,1	17,8	7,4	21,0	8,6	18,2	7,5	17,39	7,15	18,2	7,7	12,2	5,2	11,0	4,3
41	17,6	7,2	24,7	10,1	26,5	11,1	25,1	10,2	23,50	9,60	23,0	10,0	15,2	6,0	13,5	5,7
47	24,2	9,2	30,5	12,0	31,8	12,6	31,5	12,6	29,52	11,60	26,8	11,7	17,2	7,0	16,2	6,5
55	27,2	9,7	32,7	12,4	33,6	12,8	34,0	13,2	31,88	12,02	28,7	11,7	19,3	7,0	17,3	6,7

LONGUEUR ET LARGEUR EN CM DE LA 2^{oe}. FEUILLE.

Moyenne par plante en cm.

Trt Jours de cul- ture.	N		S		K		Mg		Moy		Ta		Tc		T	
	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l	L	l
1. <u>SUR SABLE.</u>																
55	23,7	6,3	19,5	5,0	18,2	5,2	25,7	7,3	21,79	5,96	15,5	4,2	-	-	-	-
62	41,8	10,6	31,8	8,1	38,5	11,1	40,9	11,5	38,27	10,31	25,2	6,6	-	-	-	-
69	49,8	11,9	35,9	8,8	46,8	13,1	46,8	12,3	44,83	11,52	28,3	7,8	-	-	-	-
77	54,6	13,3	38,0	9,7	51,3	14,7	49,0	13,6	48,23	12,81	31,8	9,0	-	-	-	-
83	57,4	14,1	39,0	10,1	53,3	15,3	50,3	13,9	50,02	13,33	33,3	9,7	-	-	-	-
2. <u>SUR TERRE.</u>																
55	6,4	1,9	12,6	3,7	15,9	4,2	13,7	4,2	12,17	3,50	15,2	4,3	0,1	0,1	0,2	0,1
62	22,4	7,2	29,3	8,8	31,7	8,7	29,0	8,7	28,10	8,35	30,0	8,5	3,2	1,0	1,3	0,3
69	38,8	11,7	38,4	10,7	41,1	10,3	39,4	11,1	39,43	10,93	36,0	10,3	12,2	2,7	6,2	1,7
77	45,7	14,0	41,1	11,5	45,8	11,5	43,8	12,6	44,27	12,40	41,2	11,8	21,8	5,0	14,5	3,3
83	47,8	15,7	41,7	12,0	47,1	12,5	45,1	13,4	45,40	13,40	43,0	13,0	23,5	5,8	18,0	4,0

... à établir certains principes généraux.

1. GÉNÉRALITÉS.

T A B L E D E S M A T I È R E S.

29

pages

AVANT-PROPOS.

I. INTRODUCTION.

1. Historique.

2. Portée du travail.

3. Remarques générales sur la technique.

II. EXPOSÉ ET DISCUSSION DES RESULTATS.

Première partie : Effet des variations de concentrations

a. étude de la fonction des variations ternaires du milieu nu extérieures au sein d'une somme constante.

1. les variations des teneurs anioniques

2. la somme des teneurs anioniques

3. les variations des teneurs cationiques

4. la somme des teneurs cationiques

5. la somme totale des éléments dosés

6. les rapports entre anions

7. les rapports entre cations

8. le rapport A/C

9. proportions centésimales du total général

10. influence de l'hydratation

11. l'alimentation totale

Chapitre I- Expérience de base, sur le cotonnier,
destinée à établir certains principes
généraux.

A.	GENERALITES.	29
B.	<u>ETUDE DE LA PARTIE AERIENNE.</u>	

a. les teneurs

31

b. étude de la composition minérale en
fonction des variations binaires du
milieu nutritif

34

1. variations des teneurs en éléments
cationiques participant à l'équilibre
binaire
2. variations des éléments ne participant
pas à l'équilibre binaire et, par consé-
quent, constants dans le milieu nutritif

35

41

c. étude de la composition minérale en
fonction des variations ternaires du
milieu nutritif

42

1. les variations des teneurs anioniques
2. la somme des teneurs anioniques
3. les variations des teneurs cationiques
4. la somme des teneurs cationiques
5. la somme totale des éléments dosés
6. les rapports entre anions
7. les rapports entre cations
8. le rapport A/C
9. proportions centésimales du total général
10. influence de l'hydratation
11. l'alimentation totale

46

47

48

50

51

52

53

54

55

56

58

C. ETUDE DES ORGANES SEPARES.

page

a. les teneurs et leur variation	62
1. les teneurs en azote	65
2. les teneurs en soufre	65
3. les teneurs en phosphore	68
4. la somme des anions	70
5. les teneurs en potassium	71
6. les teneurs en calcium	72
7. les teneurs en magnésium	73
8. la somme des cations	74
9. la somme des éléments dosés	76
10. l'hydratation	77
b. corrélation, droites et plans de régression	93
1. les droites de régression	93
2. les plans de régression	97
c. proportions centésimales du total anionique ou cationique	130
1. les proportions anioniques	130
2. les proportions cationiques	133
d. le rapport de la somme des anions à la somme des cations.	146

A.	<u>VARIATIONS SELON LA METHODE ADDITIVE.</u>	149
	<u>a. expérience n°2 sur le cotonnier</u>	149
	1. les teneurs	149
	2. examen des équations des plans de variation des teneurs	155
	3. les limites des teneurs	156
	4. les proportions	158
	5. le rapport de la somme des anions à la somme des cations	159
	<u>b. expérience n°3 sur le maïs</u>	160
	1. les teneurs	160
	2. examen des équations des plans de variation des teneurs	162
	3. les limites des teneurs	164
	4. les proportions	165
	5. le rapport de la somme des anions à la somme des cations	167
	<u>c. expérience n° 4 sur le palmier</u>	168
	1. les teneurs	168
	2. examen des équations des plans de variation des teneurs	171
	3. les limites des teneurs	171
	4. les proportions	172
	5. le rapport de la somme des anions à la somme des cations	174

B. VARIATIONS SELON LA METHODE MULTIPLICATIVE. 175

a. expérience n° 4 sur le palmier 175

1. les teneurs et leurs proportions 175
2. examen des équations des plans de variation des teneurs 180
3. établissement d'une formule générale 183

b. expérience n° 5 sur le cacaoyer 191

1. les teneurs et leurs proportions 191
2. les équations des plans de variation des teneurs 193
3. établissement d'une formule générale 197

c. expérience n° 6 sur le coton 202

1. les teneurs et leurs proportions 202
2. les équations des plans de variation des teneurs 203
3. établissement d'une formule générale 206

Deuxième partie : Effet des variations de
concentrations extérieures
au sein d'une somme variable.

Chapitre I- Maintien de la constance, soit de
la somme anionique, soit de la somme
cationique et variation du rapport
de la somme des anions à la somme
des cations.

A. EXPERIENCE N°7 SUR LA TOMATE. page 211

1. les teneurs

211

2. les proportions relatives des anions
ou des cations au sein de leur total
respectif

216

3. le rapport de la somme des anions à
la somme des cations

216

B. EXPERIENCE N°8 SUR LE PALMIER. 222

1. les teneurs

222

2. les proportions relatives des anions
ou des cations au sein de leur total
respectif

226

3. le rapport de la somme des anions à
la somme des cations

226

Chapitre II- Maintien de la constance du
rapport de la somme des anions
à la somme des cations et
variation de la somme totale
des éléments.

1. les teneurs	228
a. les teneurs anioniques	228
b. les teneurs cationiques	229
2. les proportions centésimales du total anionique ou cationique	235
3. le rapport de la somme des anions à la somme des cations	236

TABLE DES ANNEXES.

Annexe n°

Expériences n° 1 sur le cobalt.

1

Généralités.

pages

Total séché.

SUR SÈCH.

III. CONCLUSIONS.

239

IV. BIBLIOGRAPHIE.

284

2 à 10

Total des anions, des cations et total général en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

11 à 13

Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.

14

Rapport A/C en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

SUR FRAÎCH.

15 à 20

Teneurs en NO_3 , SO_4 , PO_4 , K , Ca , Mg , en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.

21 à 23

Total des anions, des cations et total général en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.

SUR FRAÎCH.

24 à 29

Teneurs en NO_3 , SO_4 , PO_4 , K , Ca , Mg , en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

30 à 32

Total des anions, des cations et total général en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

33 à 35

Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.

36

Rapport A/C en milliequivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

TABLE DES ANNEXES.

Annexe n°

Expérience n° 1 sur le cotonnier.

1

Généralités.

Total aérien.

sur sec.

2 à 7

Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

8 à 10

Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

11 à 13

Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.

14

Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

sur frais.

15 à 20

Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.

21 à 23

Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.

Coton-graine.

24 à 29

Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

30 à 32

Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

33 à 35

Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.

36

Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

Total végétatif aérien.

- 37 à 42 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 43 à 45 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 46 à 48 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 49 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- Tige entière.
- 50 à 55 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 56 à 58 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 59 à 61 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 62 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- Fragment de tige.
- sur sec.
- 63 à 68 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 69 à 71 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 72 à 74 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 75 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

120 à 122	<u>sur frais.</u>
76 à 81	Teneurs en NO ₃ , SO ₄ , PO ₄ , K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.
82 à 84	Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.
124 à 129	<u>Restes limbes + pétioles.</u>
85 à 90	Teneurs en NO ₃ , SO ₄ , PO ₄ , K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
91 à 93	Total des anions, des cations, et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
94 à 96	Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
97	Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
137 à 142	<u>Restes limbes.</u>
98 à 103	Teneurs en NO ₃ , SO ₄ , PO ₄ , K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
104 à 106	Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
107 à 109	Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
110	Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
155 à 157	<u>Restes pétioles.</u>
111 à 116	Teneurs en NO ₃ , SO ₄ , PO ₄ , K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
117 à 119	Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

- 120 à 122 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 123 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 124 à 129 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 130 à 132 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 133 à 135 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 136 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 137 à 142 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.
- 143 à 145 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.
- 146 à 151 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 152 à 154 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes de matière sèche.
- 155 à 157 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 158 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- Limbes + pétioles de la 3e. feuille.
- sur sec.
- sur frais.
- Limbes de la 3e. feuille.

Pétioles de la 3e. feuille.

- 159 à 164 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 165 à 167 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 168 à 170 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 171 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

Limbes + pétioles de la 10e. feuille.

sur sec.

- 172 à 177 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 178 à 180 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 181 à 183 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 184 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

sur frais.

- 185 à 190 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.
- 191 à 193 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche.

Limbes de la 10e. feuille.

- 194 à 199 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg, en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 200 à 202 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.

- 203 à 205 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 206 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 221
- 222 Pétiolles de la 1^{oe}. feuille.
- 207 à 212 Teneurs en NO₃, SO₄, PO₄, K, Ca, Mg en milli-équivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 213 à 215 Total des anions, des cations et total général en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 216 à 218 Proportions centésimales du total anionique, cationique et du total général.
- 219 Rapport A/C en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 223 a
- 223 b Teneurs en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche de feuille.
- 223 c Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de tige.
- 224 Proportions centésimales du total anionique ou cationique et rapport du total des anions au total des cations (A/C).
- 227 Proportions centésimales du total général.

Expérience N° 4 sur le sainfoin.

- 228 a, b Généralités.
- 229 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 230 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 231
- 232

Expérience n° 2 sur le cotonnier.

- 220 a et b Généralités.
- 221 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du fragment de tige.
- 222 Proportions centésimales du total anionique ou cationique et rapport de la somme des anions à la somme des cations (A/C).
- 223 Proportions centésimales du total général.
- 224 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 225 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 226 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.

Expérience n° 3 sur le maïs.

- 224 a et b Généralités.
- 225 a Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du total végétatif.
- 225 b Teneurs en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche de feuille.
- 225 c Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de tige.
- 226 Proportions centésimales du total anionique ou cationique et rapport du total des anions au total des cations (A/C).
- 227 Proportions centésimales du total général.

Expérience n° 4 sur le palmier.

- 228 a, b et c Généralités.
- 229 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du total général.
- 230 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 231 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du total végétatif.

Expérience n° 5 sur le cacaoyer.

- 231 a et b Généralités.
- 232 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de total végétatif.
- 233 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de feuilles.
- 234 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche.
- 235 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 236 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 237 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.

Expérience n° 6 sur le cotonnier.

- 238 a et b Généralités.
- 239 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de tige.
- 240 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.
- 241 Proportions centésimales du total général.

Expérience n° 7 sur la tomate.

- 242 a, b et c Généralités.
- 243 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du total général.
- 244 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de fruits.
- 245 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du total végétatif.

- 246 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de feuille.
- 247 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de tige.
- 248 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche du total général.
- 249 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche de fruits.
- 250 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière fraîche du total végétatif.
- 251 Proportions centésimales du total anionique ou cationique pour le total général.
- 252 Proportions centésimales du total anionique ou cationique pour les fruits.
- 253 Proportions centésimales du total anionique ou cationique pour le total végétatif.
- 254 Proportions centésimales du total anionique ou cationique pour les feuilles.
- 255 Proportions centésimales du total anionique ou cationique pour les tiges.
- 256 Proportions centésimales du total général pour le total général.
- 257 Proportions centésimales du total général pour les fruits.
- 258 Proportions centésimales du total général pour le total végétatif.
- 259 Proportions centésimales du total général pour les feuilles.
- 260 Proportions centésimales du total général pour les tiges.

Expérience n° 8 sur le palmier.

261 a et b Généralités.

262 Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche de folioles.

263 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.

264 Proportions centésimales du total général.

Expérience n° 9 sur le maïs.

265 a, b et c Généralités.

266 a et b Teneurs en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche du total végétatif.

267 Proportions centésimales du total anionique ou cationique.

268 Proportions centésimales du total général.

269 Quantités de milliéquivalents-grammes données aux treize plantes d'un pot (D) et retrouvées dans ces plantes (P).

I. INTRODUCTION.

II. EXPOSÉ ET DISCUSSION DES RÉSULTATS.

III. CONCLUSIONS.

IV. BIBLIOGRAPHIE.

Germaine H.J. VAN SCHOOR.

docteur en sciences botaniques
chef de travaux à l'Université Libre de Bruxelles.

AVANT - PROPOS.

LES RELATIONS ENTRE LA COMPOSITION ELEMENTAIRE DE LA

=====

PLANTE ET SON ALIMENTATION.

=====

AVANT-PROPOS.

- I. INTRODUCTION.
- II. EXPOSE ET DISCUSSION DES RESULTATS.
- III. CONCLUSIONS.
- IV. BIBLIOGRAPHIE.

AVANT PROPOS.

Les quelques expériences dont il est question dans ce travail ont été réalisées sous la direction du professeur M. V. Honda, soit au Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Aquiculture (CERA) annexé au laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université Libre de Bruxelles et placé sous l'égide de l'Institut pour la Recherche Scientifique pour l'Industrie et l'Agriculture (IRISIA), soit à la division de Physiologie Végétale à Yaguchi de l'Institut National pour l'Industrie et l'Agriculture (INIA).

AVANT - PROPOS.

Nous tenons à remercier très vivement le professeur Honda qui a bien voulu nous laisser utiliser, pour nos études, les nombreuses données analytiques obtenues à partir de ses expériences.⁽¹⁾ Il n'a cessé, par ses avis éclairés, de nous guider au travers le dédale plein d'embûches qu'est l'interprétation de ces résultats. Nous ne pouvons assez lui exprimer notre reconnaissance pour les encouragements multiples, la sympathie dont il n'a cessé de nous entourer et le désintéressement total avec lequel il nous a prodigué ses conseils.

Notre gratitude s'adresse également aux Institutions que nous venons de citer, Université Libre de Bruxelles, Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture, Institut National pour

AVANT PROPOS.

Les quelques expériences dont il est question dans ce travail ont été réalisées sous la direction du professeur M. V. Homès, soit au Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Aquiculture (CERA) annexé au laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université Libre de Bruxelles et placé sous l'égide de l'Institut pour la Recherche Scientifique pour l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA), soit à la division de Physiologie Végétale à Yangaambi de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge (INEAC).

Nous tenons à remercier très vivement le professeur Homès qui a bien voulu nous laisser utiliser, pour nos études, les nombreuses données analytiques obtenues à partir de ces expériences. ⁽¹⁾ Il n'a cessé, par ses avis éclairés, de nous guider au travers le dédale plein d'embûches qu'est l'interprétation de ces résultats. Nous ne pouvons assez lui exprimer notre reconnaissance pour les encouragements multiples, la sympathie dont il n'a cessé de nous entourer et le désintéressement total avec lequel il nous a prodigué ses conseils.

Notre gratitude s'adresse également aux Institutions que nous venons de citer, Université Libre de Bruxelles, Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture, Institut National pour

l'Etude Agronomique du Congo Belge, ainsi qu'au dévouement de leurs personnels scientifiques et techniques qui ont contribué par des moyens divers à l'élaboration de ce travail.

Nous exprimons encore tous nos remerciements à Mademoiselle G. Bulloet qui a bien voulu se charger de la fastidieuse vérification de nos calculs numériques.

(1) L'étude complète des expériences auxquelles nous avons participé personnellement fera l'objet de publications ultérieures, en ce qui concerne l'aspect non analytique. Les autres expériences auxquelles il est fait allusion ont fait l'objet de travaux cités dans la bibliographie ou actuellement en préparation.

La composition minérale des végétaux préoccupa les chercheurs dès la Renaissance. Redi (1658), expérimentant d'après certaines idées émises par Paracelse (1580), publiait les premières analyses de cendres d'une trentaine de plantes. Cependant, si en 1761, Vallerius consacrait à ce point particulier un chapitre entier de sa thèse, il faudra attendre le début du 19^e siècle, après le développement des lois de la chimie, pour que la composition minérale de nombreux végétaux puisse être connue avec

I. quelque INTRODUCTION.

D'où 1. HISTORIQUE. (nature chimique des aliments page 1^{re},
 2. PORTÉE DU TRAVAIL.) et Woodward (1840) sera, 24^e
 aussi, 3. REMARQUES GÉNÉRALES. du 19^e siècle. Enfin, dès 25^e
 moment, des chercheurs essayèrent d'établir les rapports
 entre la composition minérale de la plante et son alimenta-
 tion. de Saussure (1804), en particulier, analysa
 des plantes cultivées sur des solutions salines connues
 et montra l'influence de l'alimentation sur la composi-
 tion des cendres végétales. Ces travaux, ainsi que ceux
 d'autres chercheurs, amenèrent de Candolle (1838) à dégager
 entre autres les principes suivants :

"1. Toutes les matières minérales qu'on rencontre dans
 les végétaux se trouvent aussi dans les terrains
 où ils croissent.

1. HISTORIQUE.

La composition minérale des végétaux préoccupa les chercheurs dès la Renaissance. Redi (1658), expérimentant d'après certaines idées émises par Paracelse (1589), publiait les premières analyses de cendres d'une trentaine de plantes. Cependant, si en 1761, Wallerius consacrait à ce point particulier un chapitre entier de sa thèse, il faudra attendre le début du 19^e siècle, après le développement des lois de la chimie, pour que la composition minérale de nombreux végétaux puisse être connue avec quelque précision.

D'autre part, la nature chimique des aliments des plantes, pressentie par Palissy (1563) et Woodward (1699) sera, elle aussi, mieux connue au début du 19^e siècle. Enfin, dès ce moment, des chercheurs essayeront d'établir les rapports entre la composition minérale de la plante et son alimentation. de Saussure (1804), en particulier, analysera des plantes cultivées sur des solutions salines connues et montrera l'influence de l'alimentation sur la composition des cendres végétales. Ces travaux, ainsi que ceux d'autres chercheurs, amèneront de Candolle (1832) à dégager entr' autres les principes suivants :

- "1; Toutes les matières minérales qu'on rencontre dans les végétaux se trouvent aussi dans les terrains où ils croissent.

2. Leur quantité proportionnelle dans les végétaux est sensiblement en rapport avec leur abondance dans le sol ou avec leur solubilité."

En 1858, Liebig aura l'idée de restituer au sol les matières exportées par le végétal, dans le but de maintenir la fertilité première mais non pas encore de l'améliorer.

En 1856, Salm Hertsman cultivera des plantes sur sable ou charbon de bois lavé et additionné de sels minéraux où certains éléments sont omis et dont il montrera le rôle par différence, préluant ainsi aux célèbres expériences de Sachs (1860) dont la méthode connaîtra un grand succès jusqu'à nos jours.

Enfin, ce sera Weinhold (1862) qui, un des premiers, analysera la plante pour obtenir des renseignements sur le sol.

A partir de ce moment, la recherche expérimentale ira s'intensifiant, de nombreux chercheurs analyseront des plantes, cultivées, autant que possible, sur un milieu minéral connu ; ils tenteront d'établir les teneurs minérales limites qui caractérisent un végétal. Heinrich (1882) recherchera les teneurs minima trouvées dans les végétaux. Atterberg (1886) signalera, dans le cas particulier de l'avoine, qu'il ne semble pas y avoir de teneur interne maximum, mais que, de toute façon, une forte teneur interne produit toujours un mauvais rendement.

Helakampff (1892) confirmera ce fait. Il signalera, d'autre part, que l'analyse de la partie aérienne entière reflète le mieux l'alimentation minérale de la plante. Ceci sera appliqué, beaucoup plus tard, par Neubauer (1932) dans sa méthode de détermination biologique de la composition d'un sol.

Pendant ce temps, de nombreux expérimentateurs rechercheront le ou les parties de la plante dont l'analyse reflète le plus fidèlement les caractéristiques de son alimentation. Bientôt la feuille (Ragy - 1903) sera considérée comme un des meilleurs critères. La méthode s'étendra encore, du fait que les chercheurs estimeront que la croissance, donc le rendement, est fonction directe des teneurs en éléments nutritifs des feuilles.

Ensuite l'on cherchera à améliorer ce rendement par adjonction au sol d'un ou plusieurs éléments minéraux pour lesquels les teneurs dans la plante sont inférieures à des niveaux critiques définis et spécifiquement déterminés (Macy - 1936 ; Tyner - 1946 ; Ulrich - 1952).

Si les teneurs de la plante sont supérieures à ces niveaux critiques, il n'est guère d'amélioration de rendement à espérer et même, dans certains cas, une diminution est à craindre. Une méthode nouvelle de détermination d'un engrais ou de l'ajustement d'une formule nutritive est ainsi apparue. Cette diagnose, est appelée, dans le cas plus particulier de la feuille, méthode du diagnostic foliaire ; les bases en ont été établies par Lagatu et Haume (1936). Elle présente de grands avantages sur

les méthodes agronomiques, telle l'expérimentation factorielle, ou sur les déterminations par voie directe des composants minéraux du sol ; les premières demandant beaucoup de temps et d'argent, les secondes étant assez incertaines si l'on envisage ce qui peut être utilisé par la plante, soit que celle-ci n'utilise qu'une partie de ce qui se trouve dans le sol, soit qu'elle renferme plus d'éléments que ne décide une extraction conventionnelle des éléments minéraux du sol. (Jenny - 1951 ; Black - 1955)

Parmi les avantages espérés de la méthode du diagnostic chimique, citons le gain de temps et la possibilité de modifier quantitativement une solution nutritive ou une fumure en cours de végétation.

Au cours de ces trente dernières années, les progrès de la technique des analyses chimiques ont permis l'essor de la méthode biologique de diagnose des besoins alimentaires de la plante. Cette méthode, comme nous l'avons vu plus haut, est plus spécialement celle du diagnostic des carences que celle des excès. Elle s'étendra, ces dernières années, des éléments majeurs aux éléments mineurs tels le zinc (Lall - 1951 ; Renther - 1940), le bore (Geuch - 1954 ; Stenson - 1953 ; Askey - 1953), le cuivre (Steenbjerg - 1954), le molybdène (Purvis et Peterson - 1956 ; Evans - 1956), le fer et le manganèse (Leach, Taper - 1954), le nickel et le cobalt (Mitchell - 1945).

D'autre part, des modifications méthodologiques seront apportées : la feuille ne restera pas toujours le meilleur critère. En effet, des auteurs analyseront, suivant le cas, des boutons floraux (Crowther - 1941), des fruits (Eaton et alt. - 1941), des racines (Reuther, Smith - 1950-1954), des sécrétions ou des tissus particuliers tels le lait de la noix de coco (Salgado - 1954), le latex de l'hévéa (Beaufils - 1955), des échantillons de jus végétaux ou de sève (Gilbert - 1956) voire du suc cellulaire où les éléments seront analysés par des réactions microchimiques (Belaoussov - 1954).

Plus encore, l'ensemble de toutes les formes sous lesquelles chacun des éléments est présent dans l'organe étudié ne sera pas toujours envisagée : par exemple, pour l'azote envisager l'azote total qu'il soit nitrique, organique ou ammoniacal. ~~Quelques~~ De nombreux auteurs sont encore attachés à cette méthode tels, par exemple, Lundergardh - 1951, Chapman et Gray - 1949, Shear et alt. - de 1946 à 1953, Prévot - 1953, Prévot et Ollagnier - 1951-1954, Prévot et Scheidecker - 1954, Honds - 1953, Van Schoor - 1954.

^{certains cependant} Certains étudient, de préférence à la totalité des éléments, la partie se trouvant à l'état soluble dans l'organe étudié. Celle-ci indiquerait ce que la plante pourrait accumuler d'un élément se trouvant en excès dans son alimentation.

La méthode vaudrait particulièrement pour l'azote et le phosphore qui interviennent principalement dans les

réactions organiques ; c'est la méthode appliquée entre autres par Ulrich - 1943-1946-1952, Thornton - 1932, Halais - 1937-1954, Emert - 1942.

Les résultats de toutes ces recherches ont été exposés dans de très nombreux travaux riches en citations bibliographiques, parmi lesquels il faut citer particulièrement ceux de Goodall et Gregory 1947, Lundegardh, Tejin - 1932-1954, Ulrich, Thomas - 1938-1945-1953, ainsi que les comptes rendus des colloques relatifs à l'analyse des plantes et le problème des engrais minéraux tenus à Paris en 1954 et 1956.

Nous ne nous y attarderons guère et envisagerons uniquement les points principaux, les idées générales se dégageant des derniers travaux, en signalant toutefois, que la littérature très abondante, surtout en ces dernières années, n'a pu être épuisée. Une sélection a été faite parmi les travaux.

Tout d'abord, la méthode, si prometteuse à ses débuts, a-t-elle donné satisfaction ? Il semble que la réponse soit affirmative dans quelques cas particuliers, tels le palmier, l'arachide, la canne à sucre, la vigne, l'aleurite, surtout si conjointement au diagnostic foliaire on ajoute les renseignements que peuvent fournir le sol et le climat.

Malheureusement, de nombreux échecs montrent que la méthode présente des faiblesses, dont nous envisagerons successivement les causes.

Dans bien des cas, les variations observées dans la composition de la plante ont été attribuées à des variations de même nature dans le milieu nutritif (le sol) sans que la preuve formelle de l'existence de telles relations ait été donnée. Il semble que l'on ait considéré la relation comme évidente, a priori, ce qui traduit une insuffisance de bases physiologiques dans l'interprétation des données d'analyse.

Si l'urgence de la résolution de problèmes pratiques a, dans bien des cas, obligé le chercheur à se contenter de cette façon de faire, il n'en est pas moins vrai que cette préoccupation pratique, dont l'importance n'échappe à personne, risque de faire passer au second plan le problème scientifique fondamental qui réside dans l'interprétation des données analytiques. Que cette interprétation se traduise par des conséquences pratiques utilisables à l'amélioration des fumures est une éventualité très souhaitable, mais avant tout, le physiologiste doit se préoccuper du problème de base et des facteurs qui peuvent en modifier les aspects.

Deux voies s'offrent actuellement au physiologiste pour approcher le problème. Tout d'abord, l'expérimentation "de novo". En effet, il n'existe pratiquement que quelques très rares travaux où toutes les conditions d'expériences sont bien définies et la validité des résultats discutée. Nous en citerons, pour exemple, le travail de Basson, Lyon et Barrentine (1944) sur la tomate et celui de Shear et alt. sur l'aleurite.

La deuxième voie est de dégager des relations fondamentales de la moisson abondante de résultats obtenus au cours de l'expérimentation sur le terrain ou des données rapportées par ceux qui pratiquent le diagnostic foliaire à des fins d'utilisation directe.

L'objet principal de ce travail sera de suivre la première voie. Il importe donc de voir pourquoi la seconde ne nous paraît pas suffisamment fructueuse.

Les éléments qui rendent l'utilisation des données de la littérature peu propice à ces discussions sont les suivants :

1° On ne possède que très rarement des informations indépendantes valables sur les caractères alimentaires du sol où poussent les plantes soumises à un diagnostic foliaire. Même si l'on ajoute au sol une alimentation connue qualitativement ou quantitativement, l'alimentation totale mise à la disposition de la plante reste une inconnue, d'autant plus que des composants de l'alimentation d'appoint peuvent encore être fixés par le substrat et rendu inutilisables par la plante (Vander - 1950). Il est ainsi difficile à l'expérimentateur d'établir des rapports valables entre l'alimentation totale ou même entre l'alimentation d'appoint et les teneurs dans la plante. Ces rapports sont d'autant plus malaisés à établir que des lacunes importantes se rencontrent souvent dans la formulation d'une fumure. En effet, bien des auteurs nous disent

ajouter de l'azote, du phosphore, du potassium en quantité définie, mais omettent d'ajouter sous quelle forme ses corps sont présentés à la plante et quels autres éléments sont introduits, en outre, dans l'alimentation. Beaucoup de résultats sont à négliger de ce fait. Il en est ainsi, malheureusement, pour de nombreux essais factoriels où, bien souvent en plus des éléments sur lesquels porte la factorielle, d'autres éléments, tels le soufre, le chlore, le sodium... sont apportés en quantités différentes pour chaque traitement (Shear et al. - 1953)

Dans ce même ordre d'idées, la forme, sous laquelle ces éléments nutritifs sont apportés, est rarement envisagée et peut différer, dans certains travaux, d'un traitement à l'autre. D'autre part, la forme alimentaire peut également interférer sur les teneurs internes suivant les solubilités relatives de tel ou tel composant (Hodges - 1956) ou de tel résultat de combinaisons chimiques avec les éléments du sol. En outre, les solutions de culture faites à partir d'acides et de bases, ou faites à partir de sels divers, sont encore bien peu connues quant aux complexes chimiques qui s'élaborent en leur sein. Il en résulte des difficultés pour la reproduction de conditions d'expérience bien définies.

2° Les éléments étudiés ont été le plus souvent limités à l'azote, au phosphore, au potassium, sans que l'on se soit préoccupé des autres éléments, tant

majeurs que mineurs, qui accompagnent inévitablement ces corps dans leur adjonction à un sol recevant une fumure minérale. Ces dernières années, magnésium et calcium ont été plus fréquemment analysés ; cependant, le soufre est bien souvent encore négligé (Prévot et alt. [redacted] -1954 [redacted] ; Shear et alt. - 1953).

[redacted] Très peu d'auteurs envisagent l'ensemble des six éléments majeurs. Ce n'est que depuis que la notion de fumure équilibrée a été introduite que les trois anions et les trois cations principaux ont été envisagés simultanément (Homès - 1953).

3° Le mode d'expression des teneurs internes, de même que celui des concentrations dans l'alimentation de la plante est très variable également. Les uns expriment en grammes d'éléments, d'autres en grammes d'oxydes ou d'anhydrides, d'autres encore en atome-grammes, les autres en ions, enfin certains expriment en équivalents-grammes. Ces dernières années, la forme équivalentaire a prévalu sur les formes élémentaires ou sur les oxydes ou anhydrides, formes qui n'entrent jamais directement dans des réactions chimiques ou qui n'interviennent jamais dans des phénomènes physiques, tels ceux d'absorption si importants dans la pénétration des [redacted] aliments minéraux. En 1952, un parallèle établi entre divers modes d'expression a montré que le meilleur d'entre eux était l'expression équivalentaire (Van Schoor - 1954).

Mais, ici encore, des précisions devraient être données par les auteurs car, si, par exemple, tout le phosphore de la plante n'est pas sous forme minérale, on l'exprime comme tel dans les résultats d'analyse et conventionnellement, soit sous la forme équivalente qui peut être $PO_4/3$, $PO_4H/2$ ou $PO_4H_2/1$, ce que, malheureusement, beaucoup d'auteurs négligent encore de préciser. Il en est de même pour la plupart des corps étudiés et particulièrement en ce qui concerne les anions. Il en résulte une source de confusion et là réside souvent la cause du manque de coordination des résultats.

4° Un des autres obstacles à la déduction de phénomènes généraux est le mode de référence des teneurs analysées. Beaucoup d'auteurs expriment sur cendres (par exemple Chapman-Gray - 1949) alors que cette notion est souvent mal définie, que sa définition dépend d'un grand nombre de facteurs parmi lesquels il faut citer la température d'incinération. Suivant que l'on travaille à telle ou telle température, les cendres noires passent aux cendres blanches en variant progressivement de poids. La meilleure référence est celle qui rapporte les teneurs à la matière sèche (teneurs exprimées par exemple en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche). Elle est la plus fréquemment utilisée à présent. La référence à la matière fraîche semble intéressante, dans certains cas, surtout pour des plantes montrant

de fortes différences d'hydratation avec les traitements et pour les éléments agissant le plus fortement sur la teneur en eau de la plante (Van Ginneken - 1943 ; Honès-Van Schoor - 1953 ; Amberger - 1955). Toutefois, il réside encore un danger, c'est que la récolte de la plante ou des organes à analyser doit se faire dans les mêmes conditions pour les divers traitements en comparaison (autant que possible sur des sujets croissant sur des substrats à même régime hydrique). De plus, les manipulations qui précèdent la pesée et la pesée elle-même doivent être rapides et s'effectuer de la même manière pour les objets à comparer. Certains auteurs, tel Lindner (1944), expriment encore les teneurs en pour cent de la surface foliaire étudiée. Ils méconnaissent ainsi l'action de tel ou tel équilibre minéral sur l'épaisseur des feuilles, ce qui a cependant été noté dans certains travaux (Honès-Van Schoor - 1956). L'expression est ainsi sujette à caution.

5° Très peu de travaux mentionnent la variabilité des teneurs observées. Bien que ces résultats donnent souvent lieu à de nombreux calculs statistiques, les auteurs négligent de signaler la déviation standard des résultats d'analyse. Trop d'analyses, hélas, ne sont faites que sur un seul échantillon de poudre végétale. La mise en poudre du matériel, son homogénéisation, sa minéralisation, sa mise en solution sont autant de causes d'erreurs dont la dévi-

ation standard pourrait rendre compte si les teneurs étaient les moyennes de valeurs obtenues sur diverses prises de poudres, d'où diverses minéralisations, et diverses mises en solution.

Pour la comparaison des résultats d'analyse, il ne faut pas oublier non plus que, suivant les méthodes employées, les teneurs peuvent varier parfois de plus de 10 %. Nous en citerons pour exemple les dosages de l'azote dans les poudres végétales faits, soit suivant la méthode de Kjeldahl, soit suivant la méthode de Nessler, où les résultats obtenus par la première méthode sont souvent inférieurs à ceux obtenus par la deuxième. Trop souvent, des méthodes chimiques sont parfaitement reproductibles pour une même poudre, mais ne donnent qu'une teneur affectée d'un coefficient plus ou moins grand par rapport à la teneur exacte, ceci dû à l'interférence d'autres corps ou à la texture de la poudre elle-même. C'est le cas pour le calcium quand le potassium est trop abondant et le cas du magnésium quand le calcium, à son tour, est trop abondant.

6° Pour étudier les rapports entre le milieu extérieur et la composition interne de la plante, il est regrettable que très peu de données de la littérature se rapportent à la plante entière. Trop de résultats sont relatifs aux feuilles ou à des organes séparés, alors qu'aucune relation valable n'a été établie entre les teneurs de ces organes et celles relatives à la plante entière. De plus, les migrations diverses qui se produisent dans la plante et qui ont été établies avec certitude (Biddulph - 1951 ; Stout - 1950 ;

Ansiaux - 1956) montrent combien il est difficile de procéder à un prélèvement d'organes comparables, et combien il est vain de rechercher un organe représentatif de la plante entière. Dans ces deux difficultés et surtout dans la première, réside une des causes principales des erreurs d'interprétation faites dans certains cas d'application du diagnostic foliaire. La deuxième difficulté est peut-être à l'origine de ce que peu d'hypothèses mathématiques ont été valablement émises reliant les teneurs internes aux concentrations externes et que celles qui l'ont été n'ont pu être généralisées.

7° Très peu de précisions sont données quant au prélèvement du matériel végétal et à son échantillonnage. Certains auteurs choisissent un échantillon moyen de feuilles de tout âge (Houës-Van Schoor - 1953) les autres, tels Roach (1947), Ilijin (1954) et Broeshart (1955) choisissent des feuilles jeunes, d'autres tels Nightingale (1942) et Brown (1943) choisissent des feuilles âgées, d'autres tels Chapman-Gray (1949) prélèvent des feuilles d'âge moyen, d'autres choisissent des feuilles de même position (Gossard - 1943). Mais ce n'est pas seulement l'âge de l'organe qui importe mais l'époque du prélèvement. Broeshart (1955) donne pour le palmier des indications précieuses du moment de la végétation où un prélèvement peut-être fait. Mais il importe aussi de spécifier le moment de l'année, la saison, où le prélèvement doit se faire, surtout en ce qui concerne les plantes pérennes. Parmi les travaux récents relatifs à l'influence de ces facteurs, il

faut citer ceux de Steenbjerg (1954), Cain (1955), Franc de Ferrières (1954), Herabberg (1954), Mitchell (1936), Ulrich (1943).

Il faut ajouter, d'autre part, que le moment de la journée où se fait le prélèvement est également important ; en effet, Withrow (1953) a montré l'influence de la lumière sur la composition minérale des feuilles.

Les méthodes d'échantillonnage devraient donc être décrites avec beaucoup plus de soin et standardisées surtout si l'on travaille sur des organes tels les feuilles où des migrations ont lieu à tout instant (Cottanias-Van den Hende - 1954).

Parmi les quelques points encore que l'on aimerait voir préciser pour interpréter sagement les résultats citons l'humidité du sol (Wadleigh - 1953 ; Vlasis-Davis - 1944) et celle de l'atmosphère qui semblent modifier les teneurs internes. Des carences en magnésium ont été signalées par temps humide, l'absorption du phosphore serait influencée par ce même facteur. Verk (1954) signale que des plantes cultivées sur du sable gorgé à 25 % de sa capacité en eau accumuleraient plus de potassium et que le rapport K/Ca serait plus élevé qu'avec du sable à 90 %.

mm potassium -
calcium
v gorgé

D'autre part, la température du sol (Richards et alt. - 1952 ; Ulrich - 1952) interagirait également. Quant à l'aération du sol, elle semble d'une importance capitale (Lundegårdh - 1951 ; Bower - 1948). Une diminution d'oxygène et une augmentation de gaz carbonique dans le sable de culture produit une diminution de teneur en potassium.

En résumé, les facteurs extérieurs agissant sur les teneurs internes sont très divers et importants. Les erreurs de l'analyse chimique sembleraient être minimales vis à vis des

erreurs dues à ces facteurs.

Si la carence de renseignements relatifs aux divers facteurs que nous venons d'envisager a rendu très difficile une interprétation saine des données de la littérature, il n'en est pas moins vrai que, de l'examen des très nombreuses données analytiques, on a pu extraire des faits positifs plus ou moins acquis. Des questions apparaissent aussi que l'on aimerait voir approfondir.

Nous envisagerons les principaux points puisés non seulement dans la littérature relative au diagnostic chimique mais aussi dans de nombreux travaux de physiologie théorique traitant de sujets s'y rapportant.

1° Le mécanisme de l'absorption et celui de l'accumulation des ions dans la plante a été fortement travaillé ces dernières années, surtout en ce qui concerne les vitesses d'absorption et grâce surtout à l'emploi d'isotopes. Ils ne seront pas envisagés longuement ici car ce point particulier ne constitue pas le but essentiel de nos recherches. L'absorption semblerait résulter de l'activité métabolique du végétal. Tout facteur agissant sur elle agit de ce fait sur l'accumulation (Overstreet et Jacobson - 1952). L'absorption se ferait principalement par échange d'ions, certains d'entre eux entrant dans la plante plus aisément que d'autres. Beaucoup de points restent cependant encore à préciser à ce sujet. L'accumulation nécessiterait d'autre part une dépense d'énergie que la plante puiserait dans son processus respiratoire (Lundegardh - 1951), elle serait activée par l'apport

de sucre et par une augmentation de l'aération (Broyer - 1951) elle serait freinée par manque d'oxygène (Ulrich - 1952 ; Chang et Loomis - 1945) ou une diminution de température (Hoagland et Broyer - 1936). Pour certains auteurs, l'absorption des anions et celle des cations se ferait suivant le même processus, pour d'autres, comme Lundegardh (1951), il y aurait deux processus différents. Le premier nécessitant de l'énergie, l'autre se faisant par simple échange. La question reste donc encore en suspens.

2° Des relations assez simples ont été établies entre les teneurs internes et les concentrations dans l'alimentation. Cependant, très peu d'entre elles sont relatives aux teneurs exprimées sur la plante entière et très peu d'entre elles ont été formulées mathématiquement. En outre, les recherches récentes sont plutôt orientées du côté de la vitesse et des processus d'absorption que de la recherche de relations à l'équilibre. Toutefois, l'on peut extraire des données de la littérature que des coefficients de corrélation très élevés ont été trouvés par la plupart des auteurs étudiant les teneurs internes en fonction de la concentration dans l'alimentation (Baeson - 1944 ; Black - 1955 ; Collander - 1941 ; Ulrich - 1952 ; Blanchet - 1956).

Dans le cas de solutions nutritives où la somme des aliments est maintenue constante, nous avons pu établir, pour chaque cation et entre certaines limites de concentration dans le cas de Hebrina pendula, une relation linéaire entre teneurs internes et les concentrations dans le milieu nutritif.

D'autres auteurs, ne travaillant pas toujours à données *linéaires*

constantes, envisageraient des relations curvilinéaires. Beeson et alt. (1944) ne précisent pas la nature de la fonction. Leyton (1956) établit une formule parabolique où la teneur interne est liée à la concentration alimentaire par une fonction du second degré mais, dans cette formule, interviendraient d'autres éléments que celui dont la teneur interne est envisagée. Hewitt (1956) établit également une relation de la concentration dans le sol. La gamme de concentrations utiles se situe dans la partie linéaire de la courbe. Ces relations diverses montrent combien les relations entre les concentrations externes et les teneurs internes seraient à étudier d'une façon plus profonde, elles démontrent le fait que les bases physiologiques du problème sont très faibles. Une preuve en est encore donnée dans le fait que certains auteurs (Hevesy et alt. - 1937) trouvent qu'un équilibre de concentration s'établit entre la plante et son milieu tandis que d'autres, au contraire, (Hoagland et Arny - 1936 ; Ilin - 1954) trouvent que la solution nutritive ne pénètre pas dans la plante en même concentration ou composition. Il faut citer aussi le cas de Collander (1941) qui montre qu'une vingtaine d'espèces différentes absorbent de la même façon le potassium de la solution ionique sur laquelle elles sont cultivées mais, par contre, diffèrent fortement dans leur comportement vis à vis du sodium. Des applications de sodium et de potassium affectent les relations entre

3° La plupart des auteurs n'envisagent pas une relation simple mais bien des réactions complexes où tous les éléments interviendraient. Ces interactions ont été mises en évidence par Beeson et alt. (1944). Elles consistent dans le fait que

la présence ou l'absence d'un aliment semble influencer l'absorption et l'accumulation d'un ou plusieurs autres éléments par le végétal. En voici quelques exemples, tirés de la littérature récente : une teneur trop élevée en azote serait induite, par exemple, par une déficience en cuivre ou en molybdène dans l'alimentation (Dickey et alt. 1948 ; Spencer et alt. - 1954 ; Sutton - 1948).

Une concentration croissante en azote nitrique ou ammoniacal de l'alimentation diminuerait les teneurs internes en phosphore et en potasse, l'augmentation dans l'alimentation de l'azote nitrique augmenterait la teneur interne en magnésium, tandis qu'une alimentation de plus en plus riche en azote ammoniacal diminuerait les teneurs internes en calcium et magnésium (Bolle et Jones - 1955). Des plantes traitées avec du nitrate de potasse plutôt qu'avec du nitrate de sodium montrent une absorption de phosphate de 45 % plus élevée que dans l'autre cas (Lehr et Van Wesemael - 1956).

Si le magnésium est abondant dans la solution et le potassium peu abondant, non seulement la teneur en magnésium mais celle du calcium augmente dans la plante (Shear et alt. 1953 ; Drosdoff et Painter - 1942 ; Walsh et Clark - 1945).

La teneur en phosphore diminue si le potassium augmente dans l'alimentation (Shear - 1953 ; Drosdoff et Painter - 1942 ; Johnston et Hoagland - 1929 ; Colby - 1933). Des applications de sodium et magnésium affectent les relations entre potassium, calcium, magnésium et la teneur en phosphore (Sedberry - 1955). Le calcium et le potassium sont influencés par le sodium (Johan Howard - 1955 ; Homès et - 1956). Un rapport azote-phosphore optimum est Van Schoor.

est observé par Shear (1953) et de nombreux auteurs, par contre, d'autres auteurs trouvent ce rapport peu intéressant (Steenbjerg - 1954). Le phosphore abondant dans le milieu augmenterait les teneurs en potassium dans les racines et en soufre dans les tiges (Howell - 1955). Les teneurs en phosphore et magnésium seraient dépendantes les unes des autres (Jacob et alt. - 1949), mais Webb et alt. (1954) signalent que le magnésium agirait uniquement sur la répartition du phosphore dans la plante. Le bore serait absorbé en fonction directe de l'azote et indirecte du phosphore (Beckenbach - 1944). Le fer serait en interaction avec le soufre et le phosphore pour Sideris et alt. (1933) avec le potassium pour Hewitt et alt. (1953). Le molybdène agirait sur les proportions relatives de phosphore organique et minéral et non sur le total (Possingham - 1954). Les teneurs en zinc et en cuivre diminueraient avec une augmentation de phosphore dans l'alimentation (Bingham^a *Herding 1915*). Plus il y a de calcium dans le milieu, moins il y a de silicium dans la plante (Czapek - 1905). Cain (1955) montre que l'antagonisme potassium-magnésium ne s'observerait que pour des parties de la plante et non pour la plante entière. Iljin (1954) et Benson et alt. (1944) ont montré que potassium et calcium élèvent, dans la plante, la quantité d'acides organiques, ils ont ainsi une influence sur l'entrée éventuelle des anions ou sur leur répartition en phase soluble et insoluble ; indirectement ils influenceraient l'entrée des cations qui pourraient se fixer sur les acides ainsi formés. Ceci serait à rapprocher des faits observés quant à l'interaction phosphore-magnésium.

Les quelques travaux faits à somme constante des équivalents chimiques mis à la disposition de la plante montrent que des compensations s'établissent au sein du végétal. En effet, si le magnésium, par exemple, n'est pas abondant dans la plante, c'est peut-être dû à ce qu'il est déficient dans le milieu extérieur, mais peut-être aussi parce que le calcium et le potassium sont tellement abondants dans l'alimentation et de ce fait dans la plante ce qui a réduit l'entrée du magnésium (Houba - 1953 ; Van Schoor - 1954 a et b ; Reuther - 1950). Jacob et al. (1949) indiquent des relations complexes entre potassium et calcium ; le premier réduit l'absorption du second, l'autre influençant positivement ou négativement le premier.

Les interactions se traduiraient par des rapports constants dans la plante $\frac{K}{Ca} ; \frac{K}{Mg} ; \frac{K}{Ca + Mg} ; \frac{N}{P} \dots$

Cependant tous les auteurs ne sont pas d'accord sur cette constance, nous avons montré qu'à somme constante des cations les trois premiers rapports étaient des fonctions hyperboliques de la concentration extérieure (Van Schoor - 1955) et de ces mêmes rapports dans la solution nutritive.

Le rapport d'un cation à la somme des autres varie également mais peut-être, ainsi que nous l'avons montré, le fait-il d'une façon linéaire.

Il semblerait intéressant de préciser ces points chez diverses plantes et d'étudier les conclusions établies sur des variations cationiques à des variations anioniques. Citons encore le travail de Blanchet (1956) qui étudie l'absorption préférentielle des cations chez le blé et trouve que le rapport (y) entre deux cations absorbés est une fonction parabolique

($y = ax^n$ avec $n \leq 1$) de ce même rapport (x) dans le milieu, *l'exposant* n'étant très voisin de l'unité à la montaison pour les trois rapports envisagés et variant de 0,65 à 0,9 à l'épiaison. Les rapports entre cations varieraient donc, semble-t-il, au sein d'un total constant. Prevot (1954) établit, pour le palmier, des corrélations entre les cations si leur total est supérieur à un certain pourcentage de la matière sèche (en l'occurrence 23), les corrélations ne s'établissent pas si le total cationique est faible. Shear et alt. (1953), par contre, montrent que des additions croissantes de calcium dans l'alimentation favorisent l'entrée de tous les cations dont la somme augmenterait de ce fait. Shear et ses collaborateurs (1953) insistent, d'autre part, sur les rapports entre les éléments du milieu alimentaire.

Les interactions entre éléments isolés ne sont pas les seules à être envisagées. Le rapport entre les totaux d'anions et les totaux de cations mis à la disposition de la plante interférerait, lui aussi, sur les teneurs internes, puisque le pH, qui en résulte, influence fortement l'accumulation. Mais ici encore les résultats paraissent contradictoires. ⁽¹⁹⁵¹⁾ Broyer et Wanner (1948) n'observent pas d'influence du pH sur l'accumulation des ions dans la plante, alors qu'Aleskin ⁽¹⁹⁵⁰⁾ en observe une très forte et que Robertson et William (1952) constatent une augmentation des teneurs internes en anions quand le pH passe de 7 à 9.

4° L'influence de la concentration totale alimentaire serait également un des principaux points à approfondir en même temps que l'étude des éléments isolés.

Les réponses, obtenues à partir d'analyse de plantes expérimentées suivant les principes de Mitscherlich (1926), sont assez confuses, aucune d'entre elles n'envisage l'ensemble alimentaire en soi.

Il serait intéressant aussi de comparer la gamme de variations des teneurs internes dans le cas de variations de concentration de l'un ou l'autre élément isolé au sein d'une somme constante, par exemple, et dans le cas de variations de concentration de l'ensemble alimentaire.

Shear et ses collaborateurs (1946) insistent, pour l'interprétation des résultats de l'analyse foliaire à des fins pratiques, sur le fait que la concentration alimentaire doit entrer en ligne de compte autant que l'équilibre entre les aliments. Fischer+Flake (1954) pensent à leur tour que l'équilibre est plus important que le niveau de concentration. Une concentration alimentaire élevée, peut, par ses effets osmotiques par exemple, retarder la croissance et l'on obtiendrait, dans ce cas, des plantes de faible rendement mais de haute teneur minérale. Toutefois, il est dangereux de généraliser le fait et une plante de mauvais rendement peut, en effet, être moins minéralisée que d'autres, si elle est cultivée dans la zone alimentaire de carence. Il ne faut pas oublier de signaler avec Constable (1955) que les teneurs internes sont des fonctions directes de l'absorption, donc de la concentration extérieure et des fonctions inverses de la croissance. Cependant, une restriction s'impose : c'est que les relations elles-mêmes n'ont pu être établies avec précision.

2. PORTÉE DU TRAVAIL.

Le travail qui va suivre est le résultat de nombreuses expériences faites en particulier pour élucider l'un ou l'autre point faible décelé par la revue de la littérature que nous venons de faire. L'étendue et la complexité du problème, l'absence de bases certaines, ne permet pas l'espoir d'arriver à une solution définitive et complète. Le but de ce travail est de tirer quelques relations premières en limitant le problème.

Tout d'abord, comment se comporte l'ensemble de la plante et ses différentes parties vis-à-vis de son alimentation (expériences sur cotonnier, cacaoyer, maïs, tomate.).

Ensuite, quelles relations peut-on établir entre les teneurs internes et les concentrations alimentaires ? Tout d'abord si l'on travaille à somme constante des aliments (expériences sur les mêmes plantes et sur le palmier à huile), ensuite en faisant varier la dose alimentaire totale, enfin en faisant varier les proportions entre les totaux d'anions et de cations. Est-il possible, enfin, que les relations établies puissent s'intégrer dans une relation générale, tenant compte à la fois des proportions relatives et de la dose.

3. REMARQUES GÉNÉRALES SUR LA TECHNIQUE.

Les concentrations alimentaires et les résultats d'analyse sont exprimés en milliéquivalents-grammes. Les seconds, suivant le cas, soit sur cent grammes de matière sèche, soit sur cent grammes de matière fraîche.

Pour qu'aucun doute ne subsiste sur les éléments analysés, nous donnerons ici la valeur des milliéquivalents-grammes (mg dans le texte) pour les divers éléments envisagés.

Elément	symbole	masse en grammes d'un mg.
NO ₃	NO ₃	62
SO ₄ /2	SO ₄	48
PO ₄ /3	PO ₄	31,7
K	K	39
Ca/2	Ca	20
Mg/2	Mg	12

Les trois premiers, quelle que soit la forme dans laquelle ils existent dans la plante vivante sont conventionnellement désignés par le terme "anions" ou élément électronégatifs. Les trois derniers sont évidemment des cations.

Les méthodes de préparation du matériel d'analyse, celles de la mise en poudre, ont été décrites dans un travail précédent (Homès, Van Schoor - Gacac - 1953)

Rappelons que les plantes sont séchées à la récolte, à 90°, jusqu'à poids constant. Elles le seront encore avant broyage. Celui-ci se fait tout d'abord au moulin à marteau. Les plantes ou les organes particuliers sont broyés en même temps pour un même traitement. La poudre est alors homogé-

néisé et une partie, constituant un échantillon moyen, reprise à un moulin plus petit, ce qui donne une poudre impalpable, laquelle peut être passée au tasis 0.50 P B. Les poudres sont conservées en flacon de verre ou de matière plastique. Au moment du prélèvement des quelques dix grammes nécessaires à l'analyse des six groupements chimiques principaux qui seront envisagés dans ce travail, les poudres sont à nouveau homogénéisées. Chaque fois qu'il est possible, trois prélèvements sont faits. Chacun de ceux-ci est remis sans indication de traitement au chimiste qui minéralisera séparément deux prises de chacun des prélèvements. La minéralisation se fait à une température inférieure à 500° C. Les analyses se font ainsi en double sur trois prélèvements d'échantillons de poudres. Les teneurs signalées dans les tableaux sont donc la moyenne de six mesures, mais parfois, elles peuvent être, dans certaines expériences, des moyennes de huit mesures. Les déviations standard de cette moyenne sont mentionnées dans les tableaux sous les chiffres des teneurs. Il faut noter que la déviation standard signalée ici est uniquement l'écart type dû aux manipulations chimiques et à l'homogénéisation de la poudre. Elle ne tient pas compte des erreurs de pesée du matériel frais ou sec, ni de l'erreur due au séchage, ni de la variabilité au sein d'un traitement, ^{celles-ci résultent des différences} ~~ni des erreurs~~ pouvant être apportées lors de la fabrication des solutions nutritives ou de leur répartition sur le substrat de culture, ni des éléments que le substrat peut contenir au

préalable, apport variable vraisemblablement pour chaque pot de culture. Ces dernières erreurs sont quelque peu compensées du fait que l'on étudie un échantillon moyen.

L'erreur est donc plus grande que celle signalée ici.

Cette dernière sera donc considérée comme étant un minimum.

Les analyses chimiques ont été faites, pour les expériences 1 et 3, au laboratoire de chimie de l'Institut Agronomique de l'Université de Gand que dirige le professeur Van den Hende, que nous tenons à remercier bien vivement.

L'azote est dosé par la méthode du semi-micro Parnasse (1921); le soufre par gravimétrie, le phosphore par la méthode de Scheel, faisant usage de molybdate d'ammonium (P. De Jonghe en A. Van den Hende - 1951) ; le potassium et le calcium par photométrie de flamme d'après la méthode décrite par Cottenie (1956). Pour le dosage du calcium, on a utilisé l'appareil de Schuknecht, muni d'un filtre plus sélectif. ^{l'après s'il dose} Le magnésium par la méthode au jaune de titane (Cottenie - 1954).

Les résultats d'analyse des autres expériences ont été obtenus au laboratoire de chimie du Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Aquiculture, d'après les méthodes, pour la plupart, décrites par Gils (1950).

L'azote a été dosé au Kjeldahl ; le soufre par la méthode turbidimétrique à l'état de sulfate de baryum ; le phosphore à l'état phospho-molybdo-vanadate d'ammonium, le potassium par turbidimétrie à l'état de Cobaltinitrite de potassium, le calcium par turbidimétrie à l'état d'oxalate de calcium, le magnésium par colorimétrie par le jaune de titane.

A partir des teneurs, un certain nombre de données peuvent être calculées, elles se trouvent dans les tableaux présentés en annexe. Nous citerons entre autres : la somme des éléments de signe négatif (appelée somme des anions (Σ^-), la somme des éléments de signe positif (appelée somme des cations (Σ^+), le total général (tot. + et -), le rapport de la somme des anions à celle des cations (rapport A/C), les proportions centésimales d'un ion positif ou négatif au sein du total de même signe (%+ ou %-), les proportions centésimales d'une teneur au sein du total général (%tot), les quantités absolues de milliéquivalents-grammes se trouvant dans l'organe étudié. Toutes les quantités s'entendent toujours en milliéquivalents-grammes.

A partir de cette dernière mesure, on peut calculer les teneurs sur cent grammes d'une somme d'organes ; par exemple, connaissant les quantités absolues en un élément sur le limbe et les quantités absolues sur le pétiole, on peut déterminer les quantités absolues par feuille et de là, les teneurs sur cent grammes de feuille.

La déviation standard est calculée d'après la formule

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(x^2) - \frac{(\Sigma x)^2}{n}}{n - 1}}$$

Pour les divers calculs statistiques, entre autres pour l'établissement des régressions linéaires et planes et de leurs déviations respectives, nous nous sommes basés sur les formules de Snedecor (1946) et de Mather (1943).

PREMIERE PARTIE

II. EXPOSE ET DISCUSSION DES RESULTATS.

Première partie : EFFET DES VARIATIONS DE CONCENTRATIONS
EXTERIEURES AU SEIN D'UNE SOMME CONS-
TANTE.

Deuxième partie : EFFET DES VARIATIONS DE CONCENTRATIONS
EXTERIEURES AU SEIN D'UNE SOMME VARIA-
BLE.

Troisième partie : DISCUSSION DES RESULTATS.

CHAPITRE II -
VARIATIONS PERMANENTES ANIONIQUES ET
CATIONIQUES APPLIQUEES A QUELQUES
PLANTES.

p. 149

PREMIÈRE Première partie.

EFFET DES VARIATIONS DE CONCENTRATIONS EXTERIEURES

=====

AU SEIN D'UNE SOMME CONSTANTE.

=====

GENERALITES.

Chapitre I -

EXPERIENCE DE BASE, SUR LE COTONNIER,
DESTINEE A ETABLIR CERTAINS PRINCIPES
GENERAUX.

p.29

Chapitre II-

VARIATIONS TERNAIRES ANIONIQUES ET
CATIONIQUES APPLIQUEES A QUELQUES
PLANTES.

p.149

PREMIÈRE PARTIE.

GENERALITES.

EFFET DES VARIATIONS DE CONCENTRATIONS EXTERIEURES

=====

AU SEIN D'UNE SOMME CONSTANTE.

=====

des proportions relatives.

GENERALITES.

=====

EXPERIENCES DE BASE, SUR LE COTONNIER, DESTINEES A

Il est important de signaler que, dans ce chapitre, le milieu extérieur est caractérisé par une somme totale d'éléments chimiques alimentaires constante en milliéquivalents-grammes. C'est au sein de cette somme que les concentrations individuelles varient. Les effets sont ainsi identiques soit que l'on considère l'influence des concentrations ou celle des proportions relatives.

Chapitre I.

EXPERIENCE DE BASE, SUR LE COTONNIER, DESTINEE A

ETABLIR CERTAINS PRINCIPES GENERAUX.

A.	<u>GENERALITES.</u>	page	29
B.	<u>ETUDE DE LA PARTIE AERIENNE.</u>		31
C.	<u>ETUDE DES ORGANES SEPARES.</u>		62

(1) Systemes décrits dans l'Agriculture, M.V. Honda, J.R. Anselme, G. E. Van Schoer, 2^e édition - Ministère des Colonies - Direction de l'Agriculture - 1953, p. 57.

Les annexes de 1 à 512 sont relatives aux conditions
et aux résultats de cette première expérience.

Nous envisagerons tout d'abord les résultats obtenus sur

A. GENERALITES.

Ensuite nous étudierons ceux obtenus
pour des organes séparés. Il est important de noter ici
que par l'expression "partie aérienne" nous envisageons
toute la plante, sauf les racines. Ceci comprend la tige
entière dont un fragment a été analysé séparément, toutes

Cette expérience de base, numérotée 1 dans les annexes,
est destinée à établir certains principes généraux.

Feuilles mortes au cours de végétation, les fruits sont

Cette expérience porte sur des plantes de cotonnier cul-
tivées en vase de végétation par la méthode dite de perco-
lation récupérée (1).

Le sable de culture est additionné de solutions nutritives
où les proportions cationiques seules sont soumises à varia-
tion au sein de la somme constante des cations.

Vingt-deux traitements ont été expérimentés à raison de
douze répétitions chacun. Les concentrations anioniques
sont maintenues constantes. La dose totale d'un équivalent
chimique par plante, pour la durée de la culture, a été déter-
minée sur la base d'essais antérieurs. Nous noterons que pour
chaque élément, quelle qu'en soit la proportion relative, la
dose a été excédentaire.

(1) Système décrit dans l'Aquiculture, M.V. Homès,
J.R. Ansiaux, G. H. Van Schoor, 2de édition - Ministère
des Colonies - Direction de l'Agriculture - 1953, p. 57.

Les annexes de 1 à 219 sont relatives aux conditions et aux résultats de cette première expérience.

Nous envisagerons tout d'abord les résultats obtenus sur la partie aérienne, ensuite nous étudierons ceux obtenus pour des organes séparés. Il est important de noter ici que par l'expression "partie aérienne" nous envisageons toute la plante, sauf les racines. Ceci comprend la tige entière dont un fragment a été analysé séparément, toutes les feuilles produites pendant la végétation, comprenant donc les feuilles prélevées pour analyse séparée et les feuilles mortes en cours de végétation, les fruits dont le coton grains a été analysé séparément et les capsules vidées ajoutées aux restes des feuilles pour l'analyse.

Pour se rendre compte de l'état de développement de ces différentes parties, voici, pour un bon traitement, en l'occurrence le traitement R, les rendements pondéraux de matière sèche en grammes et les proportions centésimales du total pour une plante :

1. poids total	166,9	soit 100 %
2. coton graine	49,8	soit 33 %
3. total des feuilles produites	54,4	soit 33 %
4. total des limbes	43,9	soit 26 %
5. total des pétioles	10,6	soit 6 %
6. ensemble de la tige	60,0	soit 36 %
7. fragment de tige	4,6	soit 3 %
8. troisième feuille à partir du sommet		
9. sur la tige principale	1,1	soit 1 %
10. dixième feuille apparue sur la tige		
11. principale, depuis les cotylédons	1,6	soit 1 %

B. ETUDE DE LA PARTIE AERIENNE.

page

a. les teneurs

31

b. étude de la composition minérale en fonction des variations binaires du milieu nutritif

34

1. variations des teneurs en éléments cationiques participant à l'équilibre binaire

35

2. variations des éléments ne participant pas à l'équilibre binaire et, par conséquent, constants dans le milieu nutritif

41

c. étude de la composition minérale en fonction des variations ternaires du milieu nutritif

42

1. les variations des teneurs anioniques

46

2. la somme des teneurs anioniques

47

3. les variations des teneurs cationiques

48

4. la somme des teneurs cationiques

50

5. la somme totale des éléments dosés

51

6. les rapports entre anions

52

7. les rapports entre cations

53

8. le rapport A/C

54

9. proportions centésimales du total général

55

10. influence de l'hydratation

56

11. l'alimentation totale

58

a. Les teneurs annexes 2 à 10.

Les teneurs sont assez variables surtout en ce qui concerne les cations. Pour chaque série de teneurs, que ce soit sur les groupements chimiques analysés envisagés individuellement ou sur leurs sommes, les déviations standard (σ_T) de la moyenne des teneurs relatives à un même groupement chimique dosé traduisent l'ampleur de l'action différentielle des traitements sur la composition de la plante. En conséquence, les coefficients de variabilité ^{sous l'effet} des traitements (C_T) pour chaque série de teneurs, mesurent également l'ampleur de cette action. Ces coefficients se calculent en exprimant la déviation standard de la moyenne des teneurs de tous les traitements en pourcentage de cette moyenne. Pour la somme des anions, celle des cations et le total général des groupements chimiques dosés, le calcul a été effectué de la même manière.

→ Le coefficient de variabilité des solutions, calculé de la même façon sur la moyenne des concentrations dans les diverses solutions nutritives appliquées, mesure l'ampleur de la variation expérimentale introduite. Nous appelons "indice de variation" ^{sous l'effet} le rapport du coefficient de variabilité des traitements à celui relatif aux solutions nutritives. Cet indice sera représenté par le symbole V.

Le tableau 1 met en regard les coefficients de variabilité des traitements se rapportant aux solutions et ceux se rapportant aux teneurs dans la plante et donne les valeurs de l'indice de variation. ^{sous l'effet}

sur l'effet
 Tableau 1 - Coefficient de variabilité des traitements (C_T)
et indice de variation (V).

Groupement chimique dosé	C_T		V
	dans la solution	dans la plante	
NO ₃	0	13	<i>l</i>
SO ₄	0	17	<i>l</i>
PO ₄	0	22	<i>l</i>
$\Sigma -$	0	15	<i>l</i>
K	56	50	0,89
Ca	56	56	1,00
Mg	62	61	0,98
$\Sigma +$	0	13	<i>l</i>
Total + et -	0	13	<i>l</i>

Deux groupes de valeurs se distinguent aussitôt : le groupe anionique de variation faible (moyenne 17) et le groupe cationique à variation plus grande (moyenne 56). Ceci montre, comme on peut s'y attendre, que les variations cationiques des solutions agissent plus sur les teneurs en cations que sur les teneurs en anions dans la plante.

Les coefficients de variabilité *sur l'effet* des traitements, là où ils atteignent des valeurs peu élevées (c'est le cas pour les anions et les diverses sommes) sont toujours plus élevés que la moyenne des coefficients de variabilité qui affectent chaque teneur isolée et qui caractérisent les erreurs

éventuelles de dosage chimique (1).

→ Ces erreurs ont une valeur maximum d'environ 2 % pour l'azote, 15 % pour le soufre, 10 % pour le phosphore, 4 % pour le potassium, 6 % pour le calcium, 9 % pour le magnésium. Il faut noter ^{pour le coefficient C_T} des valeurs très voisines pour les cations, de 50, 56 et 61. Valeurs qui sont elles-mêmes très voisines des valeurs homologues trouvées pour les solutions nutritives.

La variation des totaux est, elle aussi, intéressante à considérer. En effet, en ce qui concerne les cations, elle est beaucoup moindre que la variation de chacun des cations. Cela traduit nécessairement l'existence de compensations. Cela veut ^{donc} dire qu'à une teneur élevée d'un cation, sont nécessairement associées des teneurs basses des autres cations. Ceci a pour conséquence d'assurer une constance plus ou moins grande du total.

En ce qui concerne les anions, il est impossible de tirer une conséquence aussi sûre, car les coefficients de variabilité des traitements sur les totaux des anions sont à peine différents de la moyenne des valeurs individuelles. Au reste, la même conclusion pourrait se tirer des comparaisons des déviations standard. En effet, la valeur de la déviation standard sur la somme des teneurs cationiques est

(1) Ces déviations standard (σ) figurent dans les annexes, uniquement dans le cas où les teneurs proviennent directement des analyses chimiques et non quand ces teneurs sont obtenues par calcul : par exemple, la déviation standard est mentionnée sur les teneurs relatives aux limbes et aux pétioles et non sur la feuille entière.

de 25,8, alors qu'elle devrait être 57,9 si elle est calculée à partir des déviations standard de chacun des termes de la somme, d'après la formule qui donne la valeur de la déviation standard sur une somme en l'égalant à la racine carrée de la somme des carrés des déviations de chaque partie de la somme (additivité des variances). Cette formule n'est d'application que si les teneurs en éléments isolés sont indépendantes l'une de l'autre. Si les valeurs trouvées par cette méthode sont différentes des valeurs trouvées d'après le calcul direct, elles mettent en évidence, suivant qu'elles sont plus grandes ou plus petites que les premières, des compensations ou des accumulations d'éléments et, de toute façon, la dépendance des teneurs.

b. Etude de la composition minérale en fonction de variations binaires du milieu nutritif.

Pour analyser l'ensemble des variations complexes que traduisent les annexes 2 à 10, les traitements ont été groupés de façon à réunir dans chaque groupe ceux où la variation se limite aux proportions relatives de deux cations au sein de leur total commun ; tous les autres éléments, dont le troisième cation, sont invariants pour le groupe envisagé. Ces groupes de traitements, où la variation est ainsi réduite à ce que nous appellerons un équilibre binaire, sont de trois sortes : ceux où la variation porte sur le couple cationique potassium-calcium, ou sur le couple calcium-magnésium, ou sur le couple magnésium-potassium.

Pour chacun de ces couples, enfin, quatre groupes de traitements peuvent être établis, caractérisés par la valeur de la somme, en milliéquivalents-grammes, des deux éléments soumis à variation.

Dans la représentation graphique de la constitution cationique des solutions nutritives, ces groupes de traitements sont représentés par les points disposés en lignes parallèles aux côtés du triangle. Les lignes contenant moins de trois points ont été négligées.

1. Variation des teneurs en éléments cationiques participant à l'équilibre binaire.

Les variations des teneurs internes, au sein des groupes précédemment définis, en fonction des concentrations externes, c'est-à-dire des traitements, sont représentées aux graphiques 1 à 11.

Les moyennes des teneurs relatives aux traitements envisagés dans ces groupes sont données au tableau 2. Elles sont affectées de leur déviation standard (σ_T) . Les remarques faites au sujet de l'ensemble des traitements sont naturellement d'application ici. Les coefficients de corrélation, indiqués également au tableau 2, montrent que si la corrélation est établie en fonction d'un élément variable du couple cationique envisagé, la valeur du coefficient de corrélation varie entre 0,94 et 0,99. Au contraire, si la corrélation est envisagée par rapport à un élément constant de la solution nutritive, les valeurs du coefficient peuvent varier de 0,10 à 0,94 et peuvent avoir

parfois des valeurs très différentes pour un élément donné, allant même jusqu'à varier de signe.

Le test de rectilinéarité ne pouvant être appliqué ici, vu le petit nombre de traitements envisagés, seuls l'exa-

men des graphiques et la comparaison de graphiques homo-

Elément analysé	(1)	Coupl
NO3	42 36 30 24	logues (se rapportant, pour un même couple cationique, à des sommes différentes de cations variables) nous ont guidé dans la justification de la régression linéaire. Celle-ci a donc été appliquée. Elle est valable dans la limite des traitements envisagés. Cette méthode est déduite d'un travail précédent (<u>G. Van Schoor</u> - 1950) relatif à l'action de variations cationiques de la solution nutritive sur les teneurs internes en cations de
SO4	42 36 30 24	Zebrina pendula. Dans ce travail, il a été prouvé par l'étude des corrélations, que la régression linéaire était autorisée, si l'on ne tenait pas compte des points extérieurs, c'est-à-dire des traitements où une des concentrations en cations variables est nulle dans la
	42	solution nutritive. Dans le présent travail, seul le traitement D est un extérieur, il n'a pas été éliminé car il ne se comporte, que dans de très rares cas, d'une façon aberrante.

Tableau 2.

Moyennes, déviation standard, coefficient de corrélation (l'indice qui affecte r est le cation pour lequel la corrélation est établie)

Elément analysé	(1)	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution					
		KCa		CaMg		MgK	
		Moy. $\pm \sigma_T$	r	Moy. $\pm \sigma_T$	r	Moy. $\pm \sigma_T$	r
NO ₃	42	118,1 $\pm$ 16,7	rK + 0,75	141,7 $\pm$ 24,7	rCa - 0,82	142,6 $\pm$ 16,5	rMg 0,62
	36	125,5 $\pm$ 15,4	- 0,39	122,6 $\pm$ 18,6	- 0,76	121,1 $\pm$ 18,7	0,73
	30	120,3 $\pm$ 10,5	- 0,38	127,9 $\pm$ 19,0	- 0,40	135,1 $\pm$ 20,6	0,68
	24	143,0 $\pm$ 23,3	- 0,31	124,5 $\pm$ 6,4	+ 0,54	122,3 $\pm$ 12,6	- 0,20
SO ₄	42	52,1 $\pm$ 4,8	rK 0,58	60,7 $\pm$ 11,4	rCa - 0,86	67,1 $\pm$ 11,2	rMg 0,89
	36	53,7 $\pm$ 4,4	0,16	55,6 $\pm$ 13,0	- 0,78	53,9 $\pm$ 6,4	0,64
	30	53,9 $\pm$ 5,3	0,21	56,4 $\pm$ 8,3	- 0,50	53,4 $\pm$ 4,4	0,40
	24	58,2 $\pm$ 7,8	0,75	53,0 $\pm$ 5,6	- 0,94	50,8 $\pm$ 4,1	0,50
PO ₄	42	26,2 $\pm$ 5,3	rK 0,49	31,5 $\pm$ 9,2	rCa - 0,82	36,2 $\pm$ 7,1	rMg 0,68
	36	28,0 $\pm$ 2,2	0,94	27,3 $\pm$ 5,3	- 0,76	27,5 $\pm$ 3,5	0,48
	30	27,7 $\pm$ 3,1	0,10	28,3 $\pm$ 4,2	- 0,68	25,0 $\pm$ 3,3	0,35
	24	28,2 $\pm$ 5,1	0,88	25,6 $\pm$ 5,5	- 0,91	25,6 $\pm$ 3,3	0,98
K	42	89,3 $\pm$ 54,4	rK 0,94	41,1 $\pm$ 12,8	rMg 0,89	113,1 $\pm$ 41,9	rK 0,95
	36	77,1 $\pm$ 39,7	0,99	58,6 $\pm$ 17,9	0,75	73,4 $\pm$ 26,5	0,98
	30	63,8 $\pm$ 31,9	0,98	79,2 $\pm$ 14,9	0,66	65,6 $\pm$ 23,2	0,97
	24	65,1 $\pm$ 30,2	0,95	98,3 $\pm$ 8,2	0,21	63,3 $\pm$ 31,1	0,99
Ca	42	80,3 $\pm$ 37,5	rCa 0,97	62,2 $\pm$ 32,7	rCa 0,99	38,6 $\pm$ 4,8	rK - 0,94
	36	73,3 $\pm$ 29,8	0,96	71,0 $\pm$ 24,8	0,98	54,5 $\pm$ 6,9	- 0,99
	30	65,3 $\pm$ 29,2	0,98	66,4 $\pm$ 27,1	0,98	74,5 $\pm$ 7,5	- 0,53
	24	58,1 $\pm$ 20,6	0,99	64,8 $\pm$ 23,4	0,97	93,7 $\pm$ 10,4	- 0,15
Mg	42	28,6 $\pm$ 1,7	rK + 0,42	79,7 $\pm$ 44,8	rMg 0,96	76,5 $\pm$ 46,4	rMg 0,96
	36	42,4 $\pm$ 5,1	- 0,69	56,8 $\pm$ 28,4	0,95	55,1 $\pm$ 30,8	0,94
	30	54,6 $\pm$ 9,9	- 0,58	49,1 $\pm$ 20,2	0,91	50,2 $\pm$ 18,4	0,97
	24	71,1 $\pm$ 7,2	+ 0,28	32,5 $\pm$ 19,8	0,99	36,0 $\pm$ 24,9	0,99

(1) Somme des concentrations des cations du couple variable (en milliéquivalents-grammes par litre de sable).

Total
général
aérien

Tableau 3

Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de
matière sèche en fonction
de la concentration d'un cation par litre de sa solution $y = f(x)$

éléments analysés	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution												
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K				
		moy σ a y = ax + b σ b				moy σ a y = ax + b σ b				moy σ a y = ax + b σ b				
		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
NO3	42	118,1	0,06	<u>1,10x + 95</u>	5	141,7	0,73	<u>-1,79x + 180</u>	17	142,6	0,58	<u>0,91x + 123</u>	15	
	36	125,5	0,87	<u>-0,58x + 136</u>	18	122,6	0,73	<u>-1,48x + 149</u>	15	121,1	0,79	<u>1,43x + 95</u>	16	
	30	120,3	0,90	<u>-0,52x + 128</u>	42	127,9	1,68	<u>-0,98x + 143</u>	24	135,1	1,37	<u>1,81x + 108</u>	21	
	24	143,0	3,52	<u>-1,18x + 157</u>	36	124,5	0,50	<u>0,44x + 118</u>	7	122,3	1,17	<u>-0,31x + 125</u>	17	
	moy.			<u>-0,30x + 129</u>				<u>-0,95x + 148</u>				<u>0,96x + 113</u>		
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	52,1	0,17	<u>0,25x + 47</u>	5	60,7	0,27	<u>-0,87x + 79</u>	7	67,1	0,31	<u>0,90x + 47</u>	7	
	36	53,7	0,27	<u>0,06x + 53</u>	6	55,6	0,50	<u>-1,06x + 75</u>	32	53,9	0,31	<u>0,42x + 46</u>	6	
	30	53,9	0,48	<u>0,15x + 52</u>	7	56,4	0,65	<u>-1,00x + 65</u>	10	53,4	0,37	<u>0,23x + 50</u>	5	
	24	58,2	0,87	<u>0,98x + 46</u>	8,5	53,0	0,19	<u>-0,56x + 63</u>	3	50,8	0,33	<u>0,27x + 48</u>	5	
moy.			<u>0,36x + 50</u>				<u>-0,87x + 71</u>				<u>0,45x + 48</u>			
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	26,2	0,21	<u>0,23x + 21</u>	6	31,5	0,27	<u>-0,62x + 45</u>	7	36,2	0,21	<u>0,41x + 27</u>	6	
	36	28,0	0,04	<u>0,21x + 24</u>	1	27,3	0,21	<u>-0,42x + 35</u>	4	27,5	0,19	<u>0,21x + 24</u>	4	
	30	27,7	0,02	<u>0,04x + 27</u>		28,3	0,27	<u>-0,37x + 34</u>	4	25,0	0,29	<u>0,15x + 23</u>	4	
	24	28,2	0,45	<u>0,75x + 19</u>	5	25,6	0,19	<u>-0,65x + 35</u>	3	25,6	0,08	<u>0,48x + 21</u>	1	
moy.			<u>0,31x + 23</u>				<u>-0,19x + 37</u>				<u>0,31x + 24</u>			
K		f. de K				f. de Mg				f. de K				
	42	89,3	0,60	<u>4,58x - 7</u>	15	41,1	0,25	<u>1,02x + 20</u>	3	113,1	0,62	<u>3,52x + 39</u>	17	
	36	77,1	0,35	<u>4,15x + 3</u>	7	58,6	0,70	<u>1,42x + 33</u>	13	73,4	0,29	<u>2,73x + 25</u>	6	
	30	63,8	0,31	<u>4,02x + 4</u>	10	79,2	1,15	<u>1,25x + 60</u>	15	65,6	0,62	<u>2,65x + 26</u>	9	
	24	65,1	1,68	<u>4,77x + 8</u>	16	98,3	0,77	<u>0,21x + 96</u>	11	63,3	0,48	<u>3,94x + 4</u>	7	
moy.			<u>4,38x + 2</u>				<u>0,98x + 52</u>				<u>3,21x + 24</u>			
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K				
	42	80,3	0,19	<u>3,31x + 11</u>	5	89,2	0,15	<u>2,90x + 28</u>	4	38,6	0,06	<u>-0,40x + 47</u>	2	
	36	73,3	0,50	<u>3,02x + 21</u>	11	71,0	0,29	<u>2,56x + 26</u>	6	54,5	0,33	<u>-0,48x + 63</u>	7	
	30	65,3	0,62	<u>3,67x + 10</u>	9	66,4	0,56	<u>3,42x + 15</u>	8	74,5	0,58	<u>-0,52x + 82</u>	9	
	24	58,1	0,42	<u>3,41x + 18</u>	4	64,8	0,52	<u>2,94x + 21</u>	7	93,7	0,96	<u>-0,19x + 97</u>	17	
moy.			<u>3,35x + 15</u>				<u>2,96x + 23</u>				<u>-0,40x + 72</u>			
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg				
	42	28,6	0,08	<u>0,02x + 28</u>	2	79,7	0,56	<u>3,75x + 7</u>	12	76,5	0,62	<u>3,75x - 2</u>	17	
	36	42,4	0,23	<u>-0,37x + 49</u>	5	56,8	0,52	<u>2,85x + 6</u>	11	55,1	0,62	<u>3,12x + 1</u>	13	
	30	54,6	0,73	<u>-0,75x + 66</u>	11	49,1	0,79	<u>2,35x + 14</u>	12	50,2	0,40	<u>2,29x + 26</u>	6	
	24	71,1	1,17	<u>0,29x + 68</u>	12	32,5	0,23	<u>2,52x + 10</u>	4	36,0	0,37	<u>5,00x - 8</u>	5	
moy.			<u>-0,18x + 53</u>				<u>2,87x + 8</u>				<u>3,29x + 4</u>			

Au tableau 3, figurent les équations des droites exprimant les teneurs en un élément (y), en fonction de la concentration en milliéquivalents-grammes par litre de sable de l'un des deux cations variables au sein du total binaire. Ces équations sont encadrées d'un trait et imprimées en caractères ordinaires quand l'élément analysé est exprimé en fonction de sa propre proportion au sein du total binaire. Dans le tableau 3, les colonnes marquées "moyennes" expriment la moyenne des teneurs des plantes pour les traitements se trouvant sur les parallèles aux bases du triangle, les colonnes "ca" représentent les déviations standard du coefficient angulaire. Ces valeurs permettent de juger si deux coefficients sont significativement différents entre eux. Dans les tableaux, les coefficients statistiquement différents de la valeur zéro ont été soulignés (la valeur de t a été établie pour une probabilité de 0,05). La colonne "cb" mentionne les déviations standard sur le terme constant ; ici aussi les valeurs statistiquement différentes de zéro ont été soulignées.

A une première observation du tableau 3, nous constatons que toutes les équations ont un terme constant positif car les trois exceptions (une en K, deux en Mg) ne sont pas significativement différentes de faibles valeurs positives. Nous reviendrons plus loin sur l'importance de ce terme constant pour la détermination approchée de l'apport cationique étranger à la ^{élémentation d'effort} ~~future~~.

Nous constatons en outre :

1° que les coefficients angulaires de ces équations sont de même signe et de valeurs voisines au sein d'un groupe de quatre équations se rapportant à un même couple de cations variables ;

2° que ces coefficients diffèrent, au contraire, selon les couples cationiques envisagés et selon les éléments analysés.

Dans le premier cas, l'on constate qu'ils ne varient statistiquement l'un de l'autre que dans de très rares équations relatives au couple binaire de somme 24 où trois données seulement servent à établir la régression.

Dans le deuxième cas, au contraire, les coefficients relatifs à un même cation, mais envisagés dans deux couples présentent des valeurs supérieures dans l'un des couples et ce pour les quatre équations. Il faut donc en conclure à une certaine interaction du troisième cation. Ceci se traduit par des valeurs moyennes de 4,3 contre 3,2 pour le potassium, de 3,4 contre 3,0 pour le calcium, de 3,3 contre 2,9 pour le magnésium.

Insistons sur le fait que ces différences non valables statistiquement ne sont intéressantes que par leur répétition. Ces deux constatations plaident en faveur de l'intégration de tous les résultats d'analyse en un même raisonnement, c'est-à-dire en l'examen et la discussion des résultats obtenus en variations ternaires (cf. p. 42).

2. Variation des éléments ne participant pas à l'équilibre binaire et, par conséquent, constants dans le milieu nutritif.

Ces variations sont représentées dans les graphiques 1 à 11 pour les cations n'entrant pas dans l'équilibre binaire et par les graphiques 12 à 24 pour les anions. Les variations sont moins régulières et de moindre amplitude que dans le cas précédent. Les droites de régression ont été établies et figurent en caractères italiques dans le tableau 3. Elles représentent les teneurs anioniques ou cationiques en fonction d'un des cations du couple binaire envisagé. Les coefficients angulaires moyens de ces droites de régression sont peu élevés par rapport à ceux des premières équations discutées. Ils sont du même ordre de grandeur : de -0,96 à +0,98 pour l'azote, de -0,85 à +0,45 pour le soufre, de -0,19 à +0,51 pour le phosphore, de +1,12 pour le potassium, de -0,40 pour le calcium, de -0,18 pour le magnésium.

L'on constate que très peu de ces coefficients angulaires sont statistiquement valables : l'azote serait ainsi, dans un cas, dépendant du potassium et du calcium, le soufre et le phosphore du calcium et du magnésium, enfin le calcium et le magnésium dépendent du potassium.

Mais il faut noter, toutefois, que cela se marque pour des équations de droites où la régression a été établie sur le plus grand nombre de points. Nous considérerons donc provisoirement comme invariables les teneurs internes en éléments dont les concentrations ne varient pas dans le milieu extérieur.

Cependant, l'équation sera maintenue, par précaution, même si le coefficient angulaire n'est pas valable.

Une autre remarque s'impose également : les termes constants des équations sont beaucoup plus élevés proportionnellement que les termes constants des équations relatives aux cations variables du couple binaire envisagé. On notera sur les moyennes des équations : pour le potassium 2 et 24 contre 36, pour le calcium 15 et 23 contre 72, pour le magnésium 8 et 4 contre 53. L'azote présente un terme constant moyen de 130, le soufre de 56, le phosphore de 28.

c. Etude de la composition minérale en fonction des variations ternaires du milieu nutritif.

Les équations des droites de régression précédemment étudiées, tout au moins pour les éléments variant au sein d'un couple binaire, montrent des coefficients angulaires ne différant pas statistiquement l'un de l'autre dans un même groupe d'équations. Ce fait doit être joint à l'observation de la figure 1 reproduite sous le numéro 29 dans les annexes. Dans cette figure, les teneurs en un élément (le potassium) sont représentées sur les points représentatifs des traitements par des vecteurs perpendiculaires au plan du triangle au sein duquel varient les concentrations cationiques ternaires. Il faut constater que, dans les limites de l'expérience, l'ensemble des droites de régression détermine un plan oblique. Dans le cas du potassium, ce plan monte fortement vers le sommet K et très faiblement vers le

sommet Mg.

Ceci autorise l'établissement de la régression plane qui intègre en un calcul unique toutes les teneurs obtenues pour un élément et donne l'équation du plan qui vient d'être ainsi défini. On peut raisonner de même pour tous les cations. Pour les anions, la faible valeur du coefficient

angulaire et le peu de valeur que l'on peut y accorder statistiquement pourraient faire hésiter quant à l'application d'un même raisonnement. Cependant, vu que des interactions semblent se manifester, dans quelques cas exceptionnels peut-être, mais, surtout, là où de nombreux points sont intégrés dans le calcul de l'équation de la droite de régression, il a paru intéressant de procéder également à la régression plane. Il se pourrait, en effet, que sur l'ensemble de toutes les données expérimentales, les interactions soient affirmées.

Les équations de ces divers plans sont mentionnées au tableau 4 ainsi que le coefficient de corrélation multiple, les déviations standard des coefficients et des termes constants sont indiquées sous les valeurs auxquelles elles correspondent.

La déviation standard de l'estimation et des régressions, le test de signification, le test de Gauss ont été calculés pour établir la signification suivant les interactions du tableau 4.

Tableau n° 4.

Equations exprimant les teneurs (y) en un groupement en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière végétale aérienne sèche en fonction de la concentration en K, Ca, ou Mg de cations apportés, sous forme de fumure, par litre de sable.

(Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs)

Groupement chimique dosé	moenne générale expérimentale des teneurs en mg / 100 g sec	σ_T	(1)	Equations	numéro
NO ₃	129,5	16,4	<u>0,68</u>	$0,21K + \frac{1,21Mg}{0,33} + \frac{108}{10}$	1
SO ₄	56,6	9,4	<u>0,75</u>	$0,23K + \frac{0,79Mg}{0,17} + \frac{43}{5}$	2
PO ₄	28,7	6,4	<u>0,70</u>	$0,21K + \frac{0,52Mg}{0,12} + \frac{27}{4}$	3
des équations	214,8			$0,65K + \frac{2,52Mg}{0,39} + \frac{168}{12}$	4
calculé		32,0	<u>0,70</u>	$0,65K + \frac{2,54Mg}{0,62} + \frac{166}{18}$	4'
K	76,2	37,8	<u>0,54</u>	$\frac{4,37K}{0,37} + \frac{1,06Mg}{0,35} + \frac{11}{11}$	5
Ca	69,5	28,7	<u>0,58</u>	$\frac{3,27Ca}{0,17} + \frac{0,35Mg}{0,15} + \frac{10}{4}$	6
Mg	53,8	33,2	<u>0,52</u>	$\frac{3,16Mg}{0,35} + \frac{0,06Ca}{0,27} + \frac{4}{4}$	7
des équations	199,5			$\frac{4,37K}{0,37} + \frac{3,33Ca}{0,41} + \frac{4,57Mg}{0,52} + \frac{25}{12}$	8
calculé		25,8	<u>0,43</u>	$0,80K + \frac{1,30Mg}{0,62} + \frac{175}{19}$	8'
des équations	414,3			$\frac{5,02K}{0,56} + \frac{3,33Ca}{0,41} + \frac{7,09Mg}{0,65} + \frac{193}{16}$	9
calculé		55,7	<u>0,29</u>	$\frac{1,52K}{3,08} + \frac{3,90Mg}{2,86} + \frac{330}{86}$	9'

σ_T = déviation standard de la moenne des teneurs de tous les traitements.

(1) Coefficient de régressions multiple (souligné : il est significatif à 5 % de probabilité).

1. Les variations des teneurs anioniques.

Les équations 1, 2 et 3 montrent que, dans la plante, les anions dépendent de la teneur en magnésium de la solution nutritive, c'est-à-dire du rapport du magnésium vis à vis du total potassium plus calcium, puisqu'on est à somme constante. L'azote est affecté du coefficient le plus élevé, le soufre et le phosphore le sont avec des coefficients environ deux fois moins élevés mais toujours significatifs. Ceci justifie, a posteriori, la régression plane. En effet, l'action du magnésium, peu certaine dans le cas des régressions linéaires, s'est affirmée ici; celle du potassium, au contraire, s'est affaiblie. La variation des anions en fonction du traitement est faible comme l'indiquaient déjà les calculs du coefficient de variabilité de corrélation. Sachant que le maximum qui peut être atteint par un cation dans la solution nutritive est de 48, les limites de variation calculées à partir des équations sont les suivantes :

108 ±10	< NO ₃	166 ±20	avec un coefficient de variabilité sur la moyenne de 45 %
43 ±5	< SO ₄	81 ±11	avec un coefficient de variabilité sur la moyenne de 67 %
17 ±4	< PO ₄	43 ±0	avec un coefficient de variabilité sur la moyenne de 87 %

Ces limites ne sont valables, bien entendu, que si on étend la notion de plan aux traitements extrêmes, ce qui naturellement n'a pas été prouvé dans cette expérience.

Il pourrait se faire, au contraire, que la fonction réelle soit celle d'une surface courbe avec un palier approximatif très étendu qui engloberait la zone expérimentée. C'est dans ce sens qu'il faut comprendre le calcul des limites.

2. La somme des teneurs anioniques (^Σtot. -) : annexe 8.

Si l'on examine les graphiques binaires relatifs à la somme des anions, l'on constate que celle-ci peut parfois être représentée, dans ses variations, par une fonction linéaire, parfois une courbe à minimum semblerait plus indiquée. Si la curvilinearité de la fonction se confirmait, il faudrait conclure que les teneurs internes en un élément ne varieraient pas proportionnellement à la concentration élémentaire de la solution nutritive, mais bien suivant une courbe parabolique fonction de cette concentration qui serait affectée d'un exposant supérieur à l'unité. Cependant, puisque sur les douze cas envisagés quatre seulement montrent la tendance curvilinéaire, l'existence d'une zone plane peut-être admise et le calcul de régression plane a été effectué.

L'équation 4 en donne l'expression. Elle correspond en tous points à l'équation trouvée par addition des équations relatives à chaque anion avec cependant des déviations standard plus importantes.

Le total des anions est bien proportionnel à la concentration du magnésium, c'est-à-dire du rapport du magnésium vis à vis du total potassium plus calcium dans le milieu

nutritif puisqu'on travaille à somme constante.

Le total varierait entre 168 et 289, compte tenu des réserves exprimées précédemment.

3. Les variations des teneurs cationiques.

Les équations 5, 6 et 7 présentent des coefficients significatifs, ce qui confirme que la teneur en un cation dans la plante est fonction de la concentration de ce même cation dans la solution nutritive, même lorsque la variation appliquée porte sur les trois constituants cationiques. Les teneurs internes en calcium et en potassium dépendent, en outre, du magnésium de la solution nutritive et cela plus fortement pour le potassium que pour le calcium où l'on est très près du seuil de signification. Cela ^{veut dire} ~~signifie~~ que le potassium et le calcium dépendent des proportions relatives de tous les cations alimentaires puisque l'on travaille à somme constante.

En acceptant les réserves émises plus haut, nous pouvons calculer les limites de variations des teneurs cationiques

$$11 \pm 11 < K < 221 \pm 20$$

$$10 \pm 4 < Ca < 167 \pm 11$$

$$4 \pm 4 < Mg < 156 \pm 18$$

Le terme constant des équations 5, 6 et 7 exprime la valeur de la teneur cationique qui ne dépend pas des variations expérimentales. Puisqu'il s'agit, pour chaque ion, d'une teneur commune à tous les traitements, elle ^{doit} ~~est~~ due aux apports étrangers à la solution minérale,

notamment à la graine et au substrat.

La richesse utile approchée (1)^{ou levure} de ces apports, pourrait donc être calculée, à condition d'admettre la linéarité de la fonction pour les faibles concentrations en l'un et l'autre cation (voir à ce sujet les réserves faites plus haut). Ces valeurs se calculent en résolvant le système d'équations suivant

$$11 \pm 11 = 4,37 K_s + 1,06 Mg_s$$

$$10 \pm 4 = 3,27 Ca_s + 0,35 Mg_s$$

$$4 \pm 4 = 3,16 Mg_s + 0,06 Ca_s$$

En considérant comme premier terme, la valeur propre ou cette valeur diminuée ou augmentée de deux fois la déviation standard, on obtient successivement la moyenne probable, le minimum et le maximum de ces apports extérieurs (richesse utile).

Ces valeurs sont, en tenant compte du fait que des valeurs négatives seraient vides de sens et qu'il ne faut pas admettre de valeurs inférieures à zéro, reportées au tableau 5.

(1) pour la définition de ce terme voir G. Van Schoor - Détermination approchée de la richesse utile en cations d'un substrat de culture - Annales de Physiologie Végétale de l'Université de Bruxelles Vol I - 1956 - Fasc. 3.

Tableau 5 - Valeur probable de la richesse utile cationique en milliéquivalents-grammes d'un sable blanc de Hollande.

cations	minimum	%	moienne	%	maximum	%
K	0	0	2,0	32	6,6	43
Ca	0,75	100	3,0	48	5,1	33
Mg	0	0	1,2	20	3,7	24
total	0,75	100	6,2	100	15,4	100

L'examen du tableau 5 montre la faiblesse de la méthode puisque les valeurs trouvées peuvent s'écarter autant de la moyenne et que les rapports entre cations du sol peuvent être modifiés suivant que l'on considère les valeurs moyennes, minima ou maxima.

4. La somme des teneurs cationiques ($\sum$ ⁺ $\rightarrow$) annexe 9.

Comme pour la somme des anions, l'examen des graphiques 12 à 22 montre que la régression linéaire, dans cinq cas sur douze, est douteuse et serait alors plus avantageusement remplacée par une équation curvilinéaire (courbe à minimum). Il n'a pas été tenu compte de ces cas, dus peut-être à l'erreur plus élevée qui affecte la somme, et l'ensemble des résultats a été intégré dans une régression plane (équation 8').

Si l'on additionne simplement les équations de régression plane relatives à chacun des cations, on obtient l'équation 8, d'un calcul très aisé et voisine, sinon identique, à l'équation 8'. En effet, si dans l'équation 8 l'on met

en évidence la valeur $3,33(K + Ca + Mg)$ qui vaut $3,33 \cdot 48$ puisque la somme des cations varie au sein d'un total constant de quarante-huit milliéquivalents par litre de sable, on a l'équation

Tot. + = $1,04 K + 1,24 Mg + 185$ qui est très voisine de celle obtenue par régression : $4,37 K + 3,33 Ca + 4,57 Mg + 25$.

L'examen des déviations standard qui affectent les paramètres de ces équations montre que le coefficient relatif au potassium n'est pas significatif, alors que celui relatif au magnésium l'est pour une probabilité de 0,05. En conséquence, la teneur totale en cations est influencée surtout par le magnésium ou par le rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ de la solution nutritive.

Le calcium étant l'élément le moins soluble, la teneur interne est donc plus directement affectée par l'activité totale des ions dans le milieu nutritif. Toutefois, l'importance du terme constant fait que l'étendue maximum des variations observées autour de la valeur moyenne générale est de $\pm 8,5 \%$ dans l'étendue des variations appliquées et de $\pm 15 \%$ dans l'étendue totale du triangle expérimental, bien entendu, sous les mêmes réserves que celles émises précédemment.

5. La somme totale des éléments dosés (Tot. + et -)

De l'ensemble des considérations précédentes, on peut, par un calcul analogue, établir l'équation de la fonction suivant laquelle varient les teneurs totales des éléments

dosés.

Le total des éléments dosés dépend des concentrations en potassium et en magnésium de la solution nutritive.

Comme pour la somme d'anions et la somme des cations, le coefficient affectant le potassium n'est pas significativement différent de zéro. Il faut en conclure que le total des éléments dosés est influencé particulièrement par le rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ de la solution nutritive, compte tenu des réserves précédemment énoncées et relatives au passage aux valeurs limites, la somme des éléments dosés varierait entre 330 et 518.

6. ^{Les} rapports entre anions: annexe 11

Dans les équations des plans, les anions semblent dépendre uniquement du magnésium. A partir des équations 1, 2 et 3 dans lesquelles on a négligé les termes dont les coefficients ne sont pas statistiquement différents de zéro, on peut établir les proportions centésimales des anions au sein de leur somme. Celles-ci varient hyperboliquement avec la concentration en magnésium. Prenons le cas de l'azote par exemple : la proportion centésimale d'azote au sein du total anionique est de

$$\frac{1,21 Mg + 108}{2,52 Mg + 168} \cdot 100$$

Si dans ce rapport, en admettant les réserves émises précédemment, nous donnons à Mg la valeur minimum (0) ou maximum (48), qu'il peut atteindre au sein de la somme constante des cations, nous avons les limites entre lesquelles varient les proportions d'azote ; on a ainsi en

raisonnant de même pour le soufre et le phosphore :

$$55 < \text{NO}_3 < 65$$

$$25 < \text{SO}_4/\text{S} < 28$$

$$10 < \text{PO}_4/\text{P} < 17$$

ce qui est effectivement confirmé par les valeurs expérimentales.

^{des}
7. Rapports entre cations. annexe 12 -

Les proportions centésimales du potassium de la plante, au sein du total cationique, augmentent avec le potassium de la solution, et plus faiblement avec le magnésium. Les proportions de calcium augmentent fortement avec la concentration en calcium de la solution nutritive et plus faiblement avec le magnésium, quant aux proportions de magnésium, elles s'élèvent avec le magnésium et le calcium de la solution.

Dans le cas du potassium, nous avons les proportions centésimales du total des cation exprimées par la fraction suivante :

$$\frac{4,37 \text{ K} + 1,06 \text{ Mg} + 11}{1,04 \text{ K} + 1,24 \text{ Mg} + 185}$$

Supposons $\text{K} = 0$ dans la solution nutritive, Mg varie alors entre 0 et 48, les limites des proportions centésimales internes en K sur la base $\text{Ca} - \text{Mg}$, sous réserve des remarques émises précédemment, sont donc 6 et 25 qui sont des valeurs différentes de zéro et prouvent l'existence d'un apport étranger à la fumure. D'autre part, si $\text{K} = 48$ et $\text{Mg} = \text{Ca} = 0$ dans la fumure, nous avons 94 comme limite supérieure des proportions centésimales internes en K .

Nous avons donc comme limites en étendant ce raisonnement aux autres cations :

$$6 < K < 94$$

$$10 < Ca < 90$$

$$1,7 < Mg < 63$$

ce qui confirme les résultats expérimentaux.

Les proportions peuvent être intéressantes à savoir :

8. Le rapport A/C : annexe 14

Le rapport de la somme des anions à la somme des cation (A/C) peut s'établir sur la base des équations 4 et 8'.

$$\text{Il vaut : } \frac{0,65 K + 2,52 Mg + 168}{1,04 K + 1,24 Mg + 185}$$

Ceci est confirmé par les données expérimentales où l'on voit le rapport augmenter plus avec le magnésium qu'avec le potassium. En effet, au numérateur, le coefficient de Mg est plus grand que celui de K et ce, en proportions plus élevées qu'au dénominateur et comme le calcium vaut $48 - (K + Mg)$ et que la somme $1,04 (K + Mg)$ est plus grande que $0,65 (K + Mg)$ nous pouvons dire que le rapport A/C diminue pour des valeurs croissantes du calcium de la solution.

Les limites de ce rapport peuvent être calculées en admettant toujours les mêmes réserves que celles émises précédemment :

Si $K = Mg = 0$ et $Ca = 48$; il vaut 0,91

$K = Ca = 0$ et $Mg = 48$; il vaut 1,20

$K = 48$ et $Ca = Mg = 0$; il vaut 0,85

nous en concluons $0,85 < A/C < 1,20$

Ceci est confirmé, à une exception près (traitement U),

par les valeurs expérimentales de l'annexe 14.

La valeur moyenne de tous les rapports A/C est de 1,08 ce qui est très voisin de la valeur 1,10 de ce même rapport dans la solution nutritive.

9. Proportions centésimales du total général annexe 13

Ces proportions peuvent être intéressantes à envisager pour déceler, entre autres, des interactions se manifestant entre anions et cations. Les proportions d'azote semblent augmenter très faiblement si le calcium est plus abondant et le potassium l'est moins.

Les proportions de soufre augmentent très légèrement avec les teneurs en magnésium et diminuent avec le calcium. Les proportions en phosphore augmentent aussi très légèrement avec la concentration extérieure en magnésium et semblent non affectées par les concentrations extérieures en calcium ou potassium.

Les proportions de potassium varient fortement en fonction du potassium du milieu et très faiblement en fonction du magnésium.

Pour le calcium, il y a une forte action du calcium extérieur et une action presque nulle des deux autres cations. Pour le magnésium, il semble qu'il y ait une forte action positive du magnésium et beaucoup plus faible du calcium. Seuls les résultats concernant les anions sont un peu différents de ceux signalés p. 52, mais dans l'ensemble, les mêmes conclusions peuvent se tirer de l'examen des proportions centésimales calculées sur les totaux

partiels ou sur le total général.

En procédant comme il a été fait précédemment et avec toutes les réserves habituelles, les limites de ces

proportions sont :

$$24,9 < \text{NO}_3 < 31,2$$

$$10,0 < \text{SO}_4 < 15,2$$

$$3,9 < \text{PO}_4 < 7,9$$

$$3,2 < \text{K} < 50,9$$

$$2,3 < \text{Ca} < 50,3$$

$$1,0 < \text{Mg} < 29,2$$

10. Influence de l'hydratation.

Il est regrettable que l'on ne puisse établir avec certitude ces mêmes relations sur les teneurs rapportées au poids frais. Malheureusement, il est impossible de préjuger du poids frais qu'auraient les feuilles mortes en cours de végétation et qui ont été intégrées dans l'analyse de la matière végétale produite. Tout d'abord, on a considéré les feuilles mortes comme étant à l'hydratation des feuilles à la date de récolte et qui étaient déjà en partie séchées, cela a donné des équations très semblables à celles déjà signalées. Ensuite, on les a considérées à l'hydratation moyenne des troisième et dixième feuilles récoltées en cours de végétation. Les équations des plans établis sur cette hypothèse (annexes 15 à 23) sont les suivantes :

Tableau 6

Equations exprimant les teneurs (y) en un groupement (en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière végétale aérienne fraîche) en fonction de la concentration en K, Ca ou Mg de cations apportés, sous forme de fumure, par litre de sable.

Les nombres en italique figurent sous les coefficients et les termes constants des équations sont les divisions standard respectives à ces valeurs.

Groupement chimique dosé	moenne générale expérimentale <i>en moy / 100 g frais</i>	Equations
NO ₃	47,24	$\frac{-2,66K}{0,21} - \frac{0,04Mg}{0,19} + \frac{52}{5}$
SO ₄	20,35	$\frac{-0,21K}{0,04} + \frac{0,06Mg}{0,04} + \frac{23}{1}$
PO ₄	10,35	$\frac{-0,08K}{0,04} + \frac{0,06Mg}{0,04} + \frac{11}{1}$
$\Sigma -$	77,94	$\frac{-0,95K}{0,22} + \frac{0,08Mg}{0,22} + \frac{93}{5}$
K	26,38	$\frac{1,13K}{0,08} + \frac{0,14Mg}{0,08} + \frac{6}{2}$
Ca	26,66	$\frac{1,62Ca}{0,08} + \frac{0,27Mg}{0,09} - \frac{4}{1,5}$
Mg	19,30	$\frac{1,13Mg}{0,10} + \frac{0,29Ca}{0,24} - \frac{0,3}{7}$
$\Sigma +$	72,34	$\frac{1,13K}{0,08} + \frac{1,91Ca}{0,25} + \frac{1,54Mg}{0,27} + \frac{2}{7}$
<i>idem</i> calculé		$0,78Ca + 0,41Mg + 56$
Total + et -	150,28	$\frac{0,18K}{0,23} + \frac{1,91Ca}{0,25} + \frac{1,62Mg}{0,35} + \frac{93}{8}$
<i>idem</i> calculé		$1,73Ca + 1,44Mg + 104$

L'on constate immédiatement que les teneurs ne sont pas dépendantes significativement du magnésium, à l'exception naturellement du magnésium lui-même et du calcium, mais ici plus faiblement.

Tableau 6

Equations exprimant les teneurs (y) en un groupement (en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière végétale aérienne fraîche) en fonction de la concentration en K, Ca ou Mg de cations apportés, sous forme de fumure, par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

dosé	expérimentale <i>en moy / 100 g frais</i>	
NO ₃	47,24	$\frac{-2,66K}{0,21} - \frac{0,04Mg}{0,19} + \frac{59}{5}$
SO ₄	20,35	$\frac{-0,21K}{0,04} + \frac{0,06Mg}{0,04} + \frac{23}{1}$
PO ₄	10,35	$\frac{-0,08K}{0,04} + \frac{0,06Mg}{0,04} + \frac{11}{1}$
$\Sigma -$	77,94	$\frac{-0,95K}{0,22} + \frac{0,08Mg}{0,22} + \frac{93}{5}$
K	26,38	$\frac{1,13K}{0,08} + \frac{0,14Mg}{0,08} + \frac{6}{2}$
Ca	26,66	$\frac{1,62Ca}{0,08} + \frac{0,27Mg}{0,09} - \frac{4}{1,5}$
Mg	19,30	$\frac{1,13Mg}{0,10} + \frac{0,29Ca}{0,24} - \frac{0,3}{7}$
$\Sigma +$	72,34	$\frac{1,13K}{0,08} + \frac{1,91Ca}{0,25} + \frac{1,54Mg}{0,27} + \frac{2}{7}$
<i>idem</i> calculé		$0,78Ca + 0,41Mg + 56$
Total + et -	150,28	$\frac{0,18K}{0,23} + \frac{1,91Ca}{0,25} + \frac{1,62Mg}{0,35} + \frac{95}{8}$
<i>idem</i> calculé		$1,73Ca + 1,44Mg + 104$

L'on constate immédiatement que les teneurs ne sont pas dépendantes significativement du magnésium, à l'exception naturellement du magnésium lui-même et du calcium, mais ici plus faiblement.

Par contre, une influence du potassium se marque pour l'azote et le soufre. Des expériences spéciales devraient être entreprises à ce sujet, car il se pourrait fort bien que les relations observées soient le reflet d'une action indirecte de certains éléments sur la capacité qu'a la plante d'accumuler de l'eau.

D'autre part, ces résultats traduisent peut-être le fait que le potassium de la solution, plus soluble que le calcium ou le magnésium, est plus accessible à la plante qui l'accumulerait sous forme dissoute. Les éléments les plus solubles se trouveraient ainsi en grande partie dans la plante sous forme libre et auraient une teneur interne proportionnelle à leur concentration dans le milieu. Par contre, les éléments qui se trouvent sous forme non libre, soit insoluble, soit combinée, auraient une teneur qui dépendrait davantage du magnésium, qui intervient dans les synthèses organiques.

11. L'alimentation totale.

En tenant compte des réserves émises précédemment quant à l'extrapolation des fonctions à la valeur zéro et connaissant ainsi la valeur approchée de l'apport en milliéquivalents-grammes par litre de sable : 2,0 de K, 3,0 de Ca, 1,2 de Mg, il est intéressant de calculer les rapports cationiques au sein de l'alimentation totale (^{Relation nutritive} ~~Somme~~ + apport) fournie à la plante. Nous avons ainsi, en milliéquivalents-grammes par litre de sable, pour le traitement A : $(36,0 + 2,0 = 38,0)$ de K, $(6,0 + 3,0 = 9,0)$

de Ca, ($6,0 + 1,2 = 7,2$) de Mg, ce qui fait en proportions centésimales de leur total en K - Ca - Mg :

70 - 17 - 13. Les résultats de ces calculs pour tous les traitements sont reportés à la figure 2 dont les valeurs sont très voisines de celles de l'annexe qui représente les proportions cationiques dans la plante. Ces proportions sont représentées respectivement par des croix et des points à la figure 3.

L'examen de ces nombres montre que le rapport potassium calcium est identique dans la plante et dans son alimentation totale. Les proportions du magnésium devant le potassium ou le calcium sont légèrement différentes.

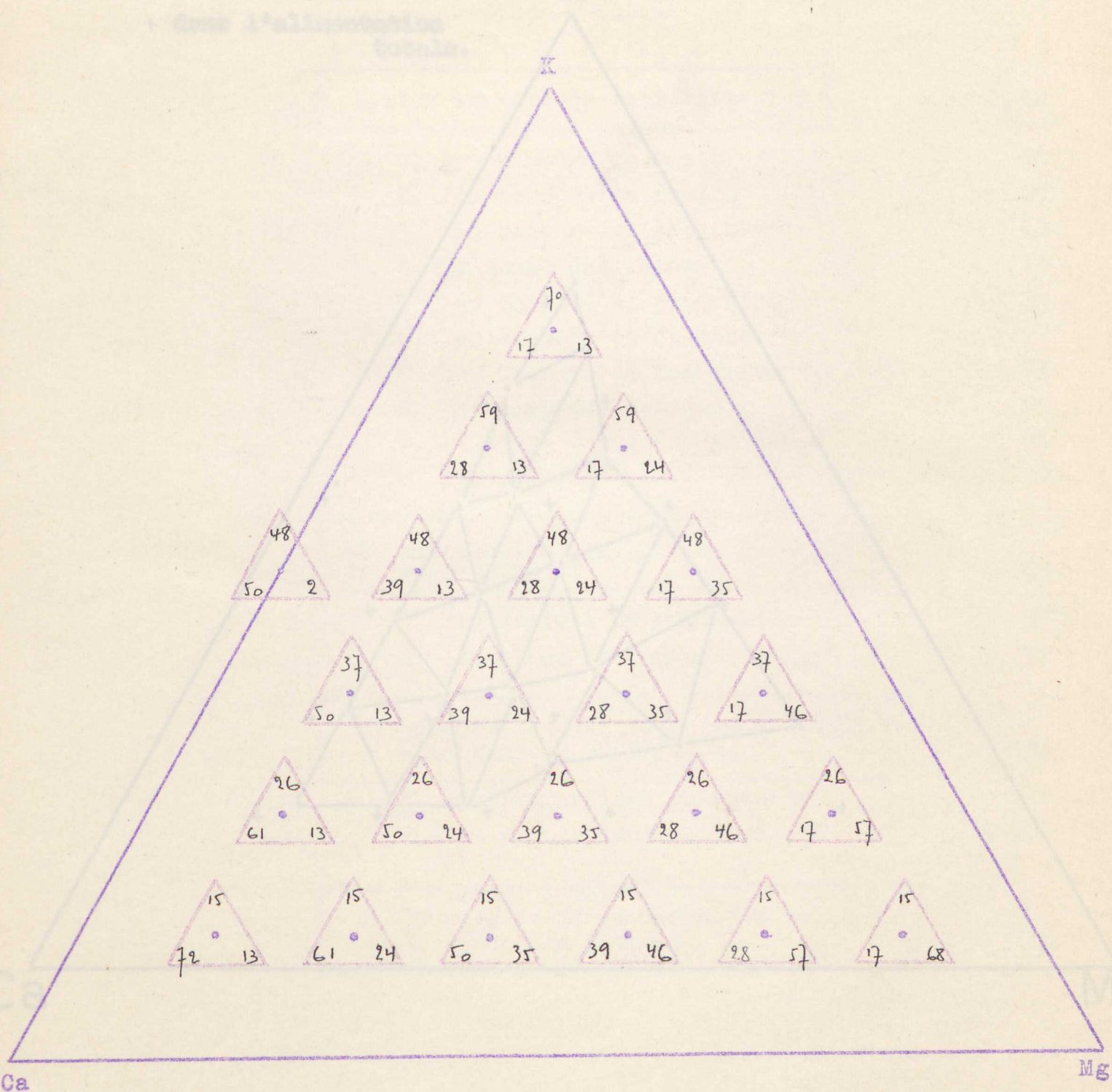
Le magnésium, quand il domine dans le milieu nutritif, domine moins fort dans la plante. Le potassium et le calcium entreraient dans la plante au prorata de leurs activités et le magnésium plutôt au prorata des synthèses organiques.

Cependant, vu la grande approximation affectant la richesse utile, vu l'erreur systématique qui semble affecter le dosage de magnésium quand les proportions de calcium varient, vu la variabilité propre à chaque teneur, il semble assez vraisemblable de conclure provisoirement à l'identité des rapports ioniques dans la plante entière et au sein de son alimentation totale.

Ceci montre tout d'abord la grande difficulté d'expérimentation, car il est bien difficile de trouver un substrat de culture inerte n'ayant aucune richesse utile, ensuite la difficulté d'interprétation des données de la littérature car dans bien peu d'expériences publiées on tient compte de l'apport du substrat et bien peu de renseignements relatifs à ce dernier sont signalés.

Figure 2

Proportions centésimales des cations de l'alimentation
solution nutritive
totale (résidu + apport) au sein de leur total.



Ca

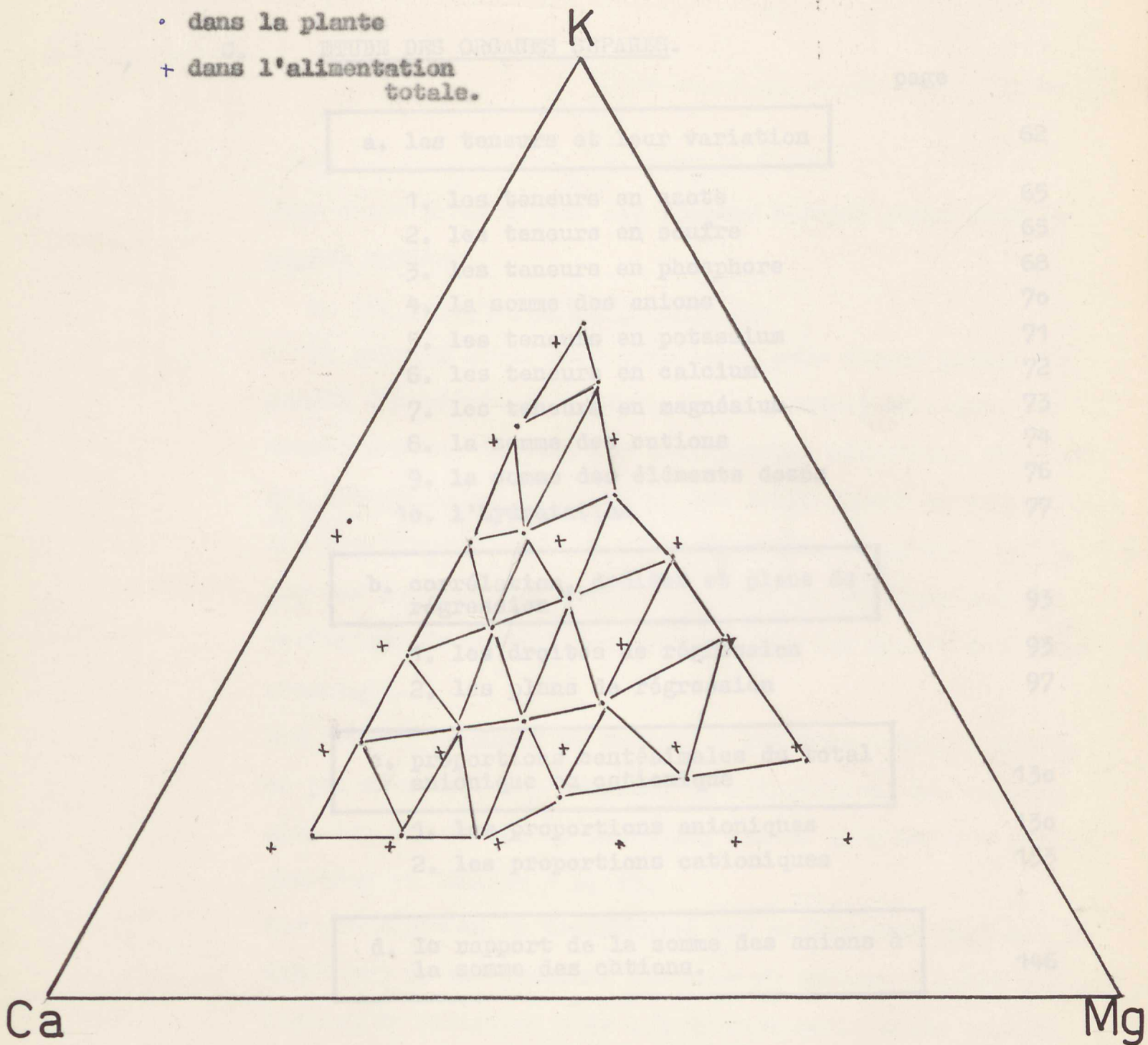
Mg

Figure 3

Proportions centésimales des cations au sein de leur total.

• dans la plante

+ dans l'alimentation
totale.



C. ETUDE DES ORGANES SEPARES.

page

a. les teneurs et leur variation

62

1. les teneurs en azote 65
2. les teneurs en soufre 65
3. les teneurs en phosphore 68
4. la somme des anions 70
5. les teneurs en potassium 71
6. les teneurs en calcium 72
7. les teneurs en magnésium 73
8. la somme des cations 74
9. la somme des éléments dosés 76
10. l'hydratation 77

b. corrélation, droites et plans de régression

93

1. les droites de régression 93
2. les plans de régression 97

c. proportions centésimales du total anionique ou cationique

130

1. les proportions anioniques 130
2. les proportions cationiques 133

d. le rapport de la somme des anions à la somme des cations.

146

C. ETUDE DES ORGANES SEPARÉS.

Cette étude se rapporte aux annexes 24 à 219

Nous avons procédé pour les organes séparés comme pour la plante entière.

a. Les teneurs et leur variation.

En premier lieu, nous établirons pour chaque partie de plante considérée et pour chaque groupement chimique, la teneur moyenne de tous les traitements, déviations standard qui affectent ces moyennes et les coefficients de variabilité ^(σ_T) des traitements (C_T) qui s'y rapportent. Rappelons (cf p. 31) ^{due aux} que ces coefficients permettent de juger de l'ampleur des variations de composition produite par les traitements expérimentaux.

Ces données figurent au tableau 7 qui reproduit, en outre, en première colonne, aux fins de comparaison, les teneurs globales sur la partie aérienne, telles qu'elles ont été établies au tableau 4 p. 45.

Les coefficients de variabilité ^{due aux} des traitements (C_T) qui se déduisent de ces données, figurent au tableau 8 ainsi que les indices de variation pour les teneurs cationiques dont il sera question plus loin.

Le tableau 9 ^(p. 75) établit un parallèle entre, d'une part, les déviations standard ^(σ_T) calculées sur les valeurs expérimentales pour les sommes des anions ou des cations ou sur le total général, et d'autre part, les déviations standard calculées d'après la formule de l'additivité des variances

Tableau n° 7.

Teneurs moyennes ^{de l'ensemble} en milliéquivalents-grammes sur cent grammes de matière sèche ou fraîche (m) affectées de leur déviations standard (σ).

Groupe- ment chimique dosé		sur sec											Sur frais						
		Partie aérienne	Graines	Total végétatif	Tiges		Feuilles			3e feuille			10e feuille			Partie aérienne	Fragment de tige	3e feuille	10e feuille
					Total	Fragment	Total	Limbes	Pétioles	Total	Limbes	Pétioles	Total	Limbes	Pétioles				
NO3	m _T	129,5	241,1	106,4	71,8	62,2	141,7	156,0	101,5	201,9	225,8	136,9	199,3	233,9	130,3	47,2	25,0	32,5	29,9
	σ _T	16,4	14,6	18,7	17,4	15,6	17,8	18,7	16,5	7,0	17,5	10,1	13,9	20,3	8,8	9,0	3,0	2,7	1,9
SO4	m _T	56,6	5,5	68,3	21,9	8,9	118,8	141,9	44,7	100,4	127,4	19,1	126,0	176,4	25,4	20,4	3,6	15,7	19,0
	σ _T	9,4	1,0	11,5	4,7	2,1	15,5	16,3	9,5	11,6	16,9	5,3	10,8	13,7	5,8	2,7	0,6	2,0	2,0
PO4	m _T	28,7	38,5	26,2	19,5	19,1	32,4	36,2	21,7	42,5	47,5	28,6	36,0	43,2	21,5	10,4	7,8	6,8	5,4
	σ _T	6,4	3,4	6,7	5,3	4,3	3,7	8,4	6,7	5,9	6,5	5,9	6,3	7,0	5,2	1,7	1,4	0,7	0,9
M -	m _T	214,8	285,1	200,9	113,2	90,2	292,9	334,1	167,9	344,8	400,7	184,6	361,3	453,5	177,2	78,0	46,4	55,0	54,3
	σ _T	32,0	34,8	33,7	25,9	20,7	33,2	35,4	27,4	20,3	28,5	16,4	20,6	26,6	12,7	12,3	4,2	4,5	3,4
K	m _T	76,2	25,4	85,3	51,4	27,7	119,9	115,9	128,7	146,8	128,7	195,6	181,1	154,5	226,4	26,4	11,3	23,1	27,0
	σ _T	37,8	2,2	41,5	19,4	12,4	65,8	81,4	54,9	57,0	52,0	67,7	55,1	56,8	54,5	9,8	4,6	8,0	7,5
Ca	m _T	69,5	3,4	86,6	23,7	14,9	157,0	182,2	72,4	112,0	135,1	45,4	155,2	201,2	52,5	26,7	6,2	18,6	23,7
	σ _T	28,7	0,9	41,5	6,9	5,2	80,3	94,0	30,8	59,7	70,2	26,8	81,4	104,8	31,2	14,0	2,2	11,0	13,1
Mg	m _T	53,8	20,6	61,5	23,4	10,7	102,6	109,6	78,9	75,4	83,0	56,2	86,6	96,4	57,0	19,3	4,3	12,1	13,1
	σ _T	33,2	25,5	39,2	12,9	5,0	63,9	69,9	43,2	38,9	43,6	32,1	42,0	50,7	33,6	10,7	1,6	6,2	6,0
M +	m _T	199,5	49,4	233,4	98,5	53,3	379,5	407,7	280,0	334,2	346,8	297,2	422,9	452,1	335,9	72,4	21,8	54,8	63,8
	σ _T	25,8	3,0	30,5	21,1	13,5	39,4	49,0	27,1	19,7	29,1	32,8	34,0	43,8	15,5	10,2	4,5	5,1	7,4
Total	m _T	414,3	334,5	434,3	211,7	143,5	672,4	741,8	447,9	679,0	747,5	481,8	784,2	905,6	513,1	150,4	58,2	109,8	118,1
	σ _T	55,7	15,2	61,7	44,6	31,5	64,9	73,2	50,9	34,7	50,2	45,1	33,4	41,9	24,9	20,6	7,8	9,0	9,2

Tableau n° 8

4 Coefficient de variabilité due aux traitements. (C_T)

Groupement chimique dosé	Sur sec											Sur frais						
	Partie aérienne	Graines	Total végétatif	Tiges		Feuilles			3e feuille			10e feuille			Partie aérienne	Fragment de tige	3e feuille	10e feuille
				Total	Fragment	Total	Limbes	Pétioles	Total	Limbes	Pétioles	Total	Limbes	Pétioles				
NO3	13	6	18	24	25	13	12	16	4	8	7	7	9	7	19	12	8	6
SO4	17	17	17	21	23	13	12	21	12	13	28	9	8	23	13	17	13	10
PO4	22	10	26	27	23	25	23	31	14	14	21	18	16	24	16	18	10	17
M -	15	8	17	23	23	11	11	16	6	7	9	6	6	7	16	12	8	6
K	50	9	49	38	45	55	70	43	39	40	35	30	37	24	37	41	35	28
Ca	56	26	48	29	35	52	51	64	53	52	58	52	52	59	53	36	59	55
Mg	61	12	64	55	46	62	64	55	52	53	57	49	53	59	55	37	51	46
M +	13	6	13	21	25	10	12	10	6	8	11	8	10	5	14	21	9	12
Total	13	5	14	21	22	10	10	11	5	7	9	4	5	5	14	13	8	8

B. Valeurs de l'indice de variation^(V) pour les teneurs cationiques.

K	0,89	0,16	0,88	0,68	0,80	0,98	1,25	0,77	0,70	0,71	0,63	0,54	0,66	0,43	0,66	0,72	0,63	0,51
Ca	1,00	0,46	0,86	0,52	0,63	0,93	0,91	1,14	0,95	0,93	1,04	0,93	0,93	1,05	0,95	0,64	1,05	0,98
Mg	0,98	0,19	1,03	0,89	0,74	1,00	1,03	0,89	0,84	0,85	0,92	0,79	0,85	0,95	0,89	0,57	0,83	0,74
Total	2,87	0,81	2,77	2,09	2,17	2,91	3,19	2,80	2,49	2,39	2,59	2,26	2,44	2,43	2,50	2,43	2,51	2,23

1. Les teneurs en azote.

Elles sont les plus élevées dans les graines. Elles sont plus élevées, ^{un} en moyenne, dans les feuilles que dans les tiges et, dans les limbes, plus que dans les pétioles. Il n'y a pas de différence entre la troisième et la dixième feuille. La base de la tige semble avoir une teneur inférieure à celle de la partie distale. Ceci semble traduire l'abondance des matières protéiques, lesquelles sont abondantes dans les graines et dans les organes en vie active, comme les limbes des feuilles prélevées en cours de végétation. L'ensemble des feuilles produites par la plante, récoltées en fin de végétation et augmentées des feuilles mortes, est beaucoup moins riche en azote que les feuilles prélevées en pleine activité. Il faut en déduire que les feuilles mortes contiennent très peu d'azote.

Les coefficients de variabilité des traitements sont le plus élevés pour les tiges et le plus bas pour les graines et la troisième feuille. La constitution des parties actives et des graines est donc, en ce qui concerne l'azote, peu influencée par les variations cationiques du milieu extérieur.

2. Les teneurs en soufre.

Les teneurs en soufre atteignent, contrairement à

l'azote, un minimum dans les graines et un maximum dans les feuilles, surtout dans les limbes. Les teneurs sont moins élevées en tiges qu'en feuilles, en pétioles moins qu'en limbes, c'est-à-dire dans les organes où domine le tissu fibreux par rapport aux organes où dominent les parenchymes assimilateurs.

Elles sont plus élevées dans la partie distale de la tige qu'à la base. Enfin, elles sont plus élevées aussi dans la dixième feuille apparue que dans la troisième feuille à partir du sommet, et cela aussi bien en limbes qu'en pétioles. On pourrait interpréter ces résultats de la façon suivante : la teneur globale en soufre, telle qu'elle résulte de nos analyses, peut comporter du soufre combiné qui ferait essentiellement partie des molécules organiques et dans ce cas, principalement des protéines et, d'autre part, du soufre à l'état ionique accumulée principalement dans le suc vacuolaire constituant ainsi pour les cellules une réserve utilisable ou simplement une accumulation passive. On comprendrait, dans ce cas, que la teneur est la plus basse dans la graine où le soufre doit se trouver surtout combiné et où il représente une part de la constitution des protéines. Il est normal que ce chiffre soit beaucoup plus bas que celui de l'azote puisque le soufre prend, dans l'ensemble des protéines, une part beaucoup moins importante. D'autre part, dans tous les tissus végétatifs, hydratés, comparés à la graine, l'accumulation de soufre ionique doit pouvoir se produire et il est donc normal de trouver dans tous les autres cas, des teneurs plus

élevées que dans la graine.

Parmi les tissus végétatifs, les tiges, étant plus riches en tissu fibreux, contiennent proportionnellement moins de protéines et moins de vacuoles susceptibles d'accumuler des sulfates, il est donc normal que la richesse des tiges ou des pétioles soit moins élevée que celle des parenchymes actifs. Au sein des tiges elles-mêmes, les parties distales étant plus hydratées et moins fibreuses que la base, il est normal que les parties distales puissent accumuler, en plus des protéines, du soufre ionique, et que la teneur globale soit ainsi élevée. Enfin, en ce qui concerne les feuilles, un conflit se présente en ce que, dans les feuilles les plus actives (troisième comparée à la dixième), le soufre, au fur et à mesure de sa pénétration, entre en grande partie dans les synthèses et que l'accumulation, tout en étant nécessairement plus forte que dans les tiges, est cependant limitée en raison du jeune âge de la feuille. Dans les feuilles plus âgées (dixième comparée à la troisième) les synthèses ont progressé et en même temps, l'accumulation peut se poursuivre en conduisant, dans les parties parenchymateuses, à une teneur plus élevée. On s'aperçoit donc que les chiffres révélés par les analyses sont susceptibles d'une explication rationnelle sur la base du comportement physiologique des différentes parties de la plante. En ce qui concerne les coefficients de variabilité des traitements (C_T) et les indices de variation (V) (tableau 8) qui traduisent donc la plasticité de la teneur

en soufre de la plante, en fonction des traitements appliqués, nous constatons que les premiers sont très voisins dans l'ensemble de la partie végétative et des graines, et par conséquent, à ce qu'à déjà été noté sous la plante entière. Par contre, au sein de la partie végétative, une différence très nette apparaît entre les tiges et les pétioles d'une part, et les limbes d'autre part. Les limbes semblent moins plastiques que les tiges en ce qui concerne la teneur en soufre. Il semble qu'on puisse interpréter ces différences par le fait que dans les parties les plus actives au point de vue métabolique (les parenchymes), le soufre, rapidement métabolisé, se trouve dans des combinaisons de proportions définies et que, dans les tiges, où ce métabolisme est moins intense, une accumulation plus grande se trouve réalisée et traduit, par conséquent, plus directement les variations du milieu extérieur.

3. Les teneurs en phosphore.

Le phosphore présente des teneurs moins variables. Elles se comportent d'une manière analogue aux teneurs en azote. Elles sont naturellement plus élevées dans les graines et les limbes, riches en matières protéiques, elles sont moins élevées dans les tiges et dans les pétioles. La dixième feuille, à l'inverse de ce qui se passe pour le soufre, montre des teneurs inférieures à celles de la troisième feuille. Les teneurs sur l'ensemble des feuilles sont inférieures à celles observées sur les

feuilles séparées. Les feuilles mortes sembleraient contenir, à masse égale, beaucoup moins de phosphore que les feuilles vivantes, ce qui est vraisemblablement dû à la mobilité du phosphore. Parmi les anions, le phosphore semble avoir la plus forte variabilité en fonction des traitements, surtout en ce qui concerne les pétioles et les tiges ; le minimum est atteint pour la graine. Le phosphore se comporterait donc comme l'azote sur ce point. Les considérations faites, à ce sujet, pour l'azote valent ici également.

4. ^{Somme} Le total des anions.

Ce total est le plus élevé dans les limbes, surtout en ce qui concerne les feuilles prélevées en cours de végétation. Il est très faible dans les tiges, en particulier dans les parties basales. Ceci est vraisemblablement dû à la prédominance de la cellulose dans les parties fibreuses de la plante et à l'accumulation d'autres glucides polymérisés (de l'amidon par exemple) plus abondante dans les tiges que dans les feuilles.

Les troisième et dixième feuilles contiennent plus d'anions que l'ensemble des feuilles ; il faut en conclure que les feuilles âgées ou mortes sont très pauvres en matières azotées ou phosphorées.

La somme des anions est légèrement plus élevée pour les pétioles que pour les tiges, ces derniers organes, plus fibreux, contiennent proportionnellement moins de matières protéiques que les pétioles qui sont plus jeunes, ceci en raison de l'abondance inverse des tissus fibreux.

La variation des teneurs en fonction des traitements est extrêmement voisine de celle de l'azote dont la proportion est dominante. Ceci signifie que la composition anionique interne est peu influençable et ceci est plus valable pour les feuilles que pour les tiges.

D'autre part, le tableau 9 montre que la déviation standard de la somme des anions est, dans tous les cas, supérieure à la racine carrée de la somme des variances des divers termes du total. Cette observation montre qu'il n'existe pas de compensation entre anions dans leur accumulation,

mais plutôt une variation globale des composés qu'ils forment et, par conséquent, des accumulations concomitantes des trois anions.

La variation la plus forte déjà indiquée pour les tiges, confirme des observations antérieurement publiées sur le cacaoyer (Honès, Van Schoor - 1953) où les tiges constituaient aussi l'organe de choix pour l'étude des variations anioniques. Ceci peut s'expliquer par le fait que la tige, en plus de matières protéiques, accumulerait des ions libres, anions ou cations, soumis à variation en fonction de leur propre concentration dans l'alimentation de la plante et que ce phénomène est moins marqué dans les feuilles où les synthèses organiques dominent et où les proportions élémentaires obéissent donc davantage à la loi des proportions définies.

5. Les teneurs en potassium.

Les teneurs en potassium sont élevées dans les feuilles et surtout dans les limbes. Elles sont beaucoup plus faibles dans les tiges, surtout dans les parties basales où les teneurs sont du même ordre de grandeur que dans les graines. La dixième feuille a des teneurs plus élevées que la troisième.

L'ensemble des feuilles montre des teneurs beaucoup plus faibles que celles des feuilles prélevées en cours de végétation. A masse égale, les jeunes feuilles et surtout les feuilles mortes contiendraient moins de potassium que les feuilles âgées. On pourrait rendre compte de ce fait

en admettant une accumulation croissante de potassium jusqu'à un maximum qui est approximativement représenté par la dixième feuille. Dans la suite, cette accumulation cesserait et pourrait même faire place à une migration vers des organes plus jeunes (~~cf.~~ Ansiaux - 1956) Pétioles et tiges ont une plasticité assez faible, les graines une plasticité particulièrement réduite, sous l'effet des traitements. A ce point de vue, et indépendamment des fortes différences de traitements sous le rapport de la richesse en potassium, les graines se comportent comme pour les anions, bien que ceux-ci soient invariant dans le milieu nutritif.

6. Les teneurs en calcium.

Les pétioles sont beaucoup moins riches que les limbes à l'inverse de ce qui se passe pour le potassium, les teneurs moyennes sur tige sont également moins élevées que les teneurs en potassium et beaucoup moins élevées que dans les feuilles ; les teneurs en calcium des graines sont les teneurs cationiques les plus faibles. L'ensemble des feuilles et la dixième feuille montrent des teneurs plus élevées que la troisième feuille. Il semblerait, qu'à matière sèche égale, il y ait plus de calcium dans les feuilles âgées et les feuilles mortes. Ceci serait lié à l'insolubilité d'un grand nombre de composés du calcium qui seraient ainsi accumulés dans les vieilles feuilles.

La plasticité est du même ordre de grandeur que celle observée pour le potassium. Les pétioles sont beaucoup plus influençables par les traitements que les limbes, contrairement à ce qui se passe pour la teneur en potassium. Les tiges semblent encore moins influencées par les traitements que les pétioles, les parties basales sont les plus pauvres. Les graines ont une variabilité plus grande vis à vis du calcium que vis à vis du potassium, cette variabilité est ici du même ordre de grandeur que celle qui affecte les tiges.

7. Les teneurs en magnésium.

Les teneurs en magnésium varient d'un organe à l'autre. Les plus élevées s'observent, comme pour le calcium, dans les feuilles et surtout dans les limbes ; les plus faibles s'observent dans les tiges et les graines ; la valeur minimum est atteinte pour les parties basales de la tige. La similitude des variations du magnésium dans les divers organes avec celle du calcium, se manifeste encore, en ce que l'ensemble des feuilles présente des teneurs plus fortes que la dixième et surtout la troisième feuille. En vieillissant, pour une masse semblable de matière sèche, les feuilles s'enrichissent en magnésium ; il en serait de même pour la tige, dont les parties distales montrent des teneurs plus élevées. Les graines contiennent, sur cent grammes de matière sèche, à peu près autant de magnésium que de potassium.

La plasticité des divers organes vis à vis des traitements et en ce qui concerne le magnésium est très voisine de celle qui concerne le calcium.

8. La somme des cations.

La somme des cations est très variable suivant les organes envisagés. Les teneurs les plus élevées s'observent pour les limbes, en particulier dans celui de la dixième feuille ; les moins élevées se rencontrent dans les graines et la partie basale de la tige. La dixième feuille montre des teneurs plus élevées que la troisième et moindre que l'ensemble des feuilles.

Les remarques faites à propos du potassium pourraient s'appliquer ici.

La somme des teneurs cationiques sur graines est très faible ; elle peut, dans certains cas, être neuf fois plus faible que la somme des teneurs sur limbe par exemple.

Il est remarquable de constater que les variations de la somme des cations, sous l'effet des traitements, ne sont pas plus fortes que celles des anions, alors que les traitements diffèrent par la composition cationique et non anionique. Le tableau 9 montre que la variation observée est bien moindre que celle que l'on pourrait attendre de l'additivité des variances relatives aux cations isolés. C'est donc que d'importantes compensations ont lieu entre cations au sein d'un total peu variable dont la valeur n'est pas conditionnée par les traitements appliqués.

Tableau n° 9.

Données dues au traitement

σ_T = déviation standard de la moyenne des teneurs de tous les traitements.

Organes		Total des anions		Total des cations		Total général		
		σ_T	$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$	σ_T	$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$	σ_T	$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$	
Sur sec	Total <i>véru</i>	32,0	20,1	25,8	57,9	55,7	61,3	
	Graines	24,8	15,0	3,0	25,6	15,2	29,7	
	Végétatif	33,7	23,0	30,5	70,4	61,7	74,0	
	Total	total	25,9	18,8	21,1	24,3	44,6	30,7
		fragment	20,7	16,3	13,5	14,3	31,5	21,8
		total	33,2	23,9	39,4	121,9	64,9	124,2
		Feuille	limbe	35,4	26,2	49,0	141,6	73,2
	pétiole		27,4	20,2	27,1	76,3	50,9	78,9
	3e	total	20,3	14,8	19,7	91,3	34,5	92,4
		feuille	limbe	28,5	25,1	49,1	97,6	50,2
	pétiole		16,4	12,8	32,8	79,6	45,1	80,6
	10e	total	20,6	18,6	34,0	106,9	33,4	108,5
		feuille	limbe	26,6	25,5	43,8	129,5	41,9
	pétiole		12,7	11,8	15,5	71,2	24,9	72,2
Sur frais	Total <i>élué</i>	12,3	9,5	10,2	20,1	20,6	22,3	
	Fragment de tige	4,2	3,4	4,5	5,4	7,8	6,3	
	3e feuille	4,5	3,4	5,1	14,9	9,0	15,3	
	10e feuille	3,4	2,9	7,4	16,2	9,2	16,5	

9. La somme des éléments dosés.

Ce total est le plus élevé dans les limbes, surtout dans ceux de la dixième feuille. Les valeurs les plus faibles se trouvent dans la tige, surtout dans la partie basale ; les graines et les pétioles viennent ensuite. La dixième feuille a des teneurs toujours plus élevées que la troisième. Tous ces faits montrent que des organes plus âgés sont plus minéralisés.

La variation, sous l'effet des traitements, se marque le plus fortement dans les tiges, le moins fortement dans les graines, les feuilles isolées et surtout sur le total limbes + pétioles.

La faiblesse des variations observées résulte clairement des observations faites sur les totaux anioniques et cationiques.

10. L'hydratation.

En ce qui concerne la référence à la matière fraîche plutôt qu'à la matière sèche, il semble que les coefficients de variabilité soient plus faibles pour les éléments ne variant pas dans le milieu extérieur ainsi que pour les totaux. Ceci est plus marqué pour le fragment de tige que pour les feuilles séparées. A première vue, il serait donc préférable d'utiliser, pour la tige, la référence à la matière fraîche si l'on désire mettre en évidence les effets différentiels des traitements.

graines

élément analysé	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	a	y = ax + b	rb	moy	a	y = ax + b	rb	moy	a	y = ax + b	rb
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	127,3	1,25	$-2,87x + 288$	33	253,8	0,42	$-0,48x + 264$	13	245,7	0,13	$1,40x + 216$	4
	36	237,8	0,62	$-0,50x + 247$	13	242,0	0,62	$-1,31x + 266$	9	237,6	0,06	$0,81x + 223$	1
	30	242,2	0,83	$-0,96x + 256$	13	236,8	1,04	$-1,37x + 216$	15	242,3	0,21	$2,19x + 210$	4
	24	255,8	0,62	$-1,17x + 267$	8	236,3	1,04	$-0,19x + 239$	16	236,8	0,17	$1,65x + 222$	23
	moy.			$-1,38x + 265$				$-0,84x + 246$				$1,51x + 218$	
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	5,7	0,04	$0,04x + 5$	0,8	4,7	0,01	$0,04x + 4$	0,4	5,6	0,04	$-0,10x + 8$	1,0
	36	6,0	0,04	$0,08x + 7$	0,6	5,3	0,04	$-0,08x + 7$	0,9	5,8	0,02	$-0,08x + 7$	0,6
	30	5,6	0,02	$0,10x + 4$	0,4	5,6	0,06	$0,08x + 4$	1,0	5,3	0,08	$-0,02x + 6$	1,2
	24	4,9	0,08	$0,04x + 5$	1,3	5,9	0,10	$0,02x + 6$	1,5	5,4	0,02	$-0,04x + 6$	0,5
	moy.			$0,07x + 5$				$0,02x + 5$				$-0,06x + 7$	
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	39,5	0,15	$0,02x + 39$	4	38,1	0,13	$-0,17x + 41$	4	43,3	0,06	$-0,002x + 43$	2
	36	39,3	0,83	$0,23x + 35$	2	39,3	0,17	$-0,19x + 43$	3	39,8	0,06	$-0,19x + 43$	2
	30	38,5	0,23	$0,15x + 36$	4	40,0	0,19	$-0,27x + 44$	3	36,0	0,06	$-0,06x + 37$	3
	24	39,8	0,15	$0,48x + 35$	2	37,1	0,17	$-0,69x + 47$	3	36,8	0,13	$0,44x + 33$	3
	moy.			$0,22x + 36$				$-0,33x + 44$				$0,05x + 39$	
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	26,7	0,04	$0,12x + 24$	2	23,7	0,04	$-0,08x + 25$	1,1	26,6	0,15	$0,23x + 22$	1
	36	25,8	0,06	$0,25x + 22$	2	24,7	0,08	$-0,04x + 25$	2	24,8	0,08	$0,25x + 20$	2
	30	25,3	0,13	$0,15x + 23$	2	24,5	0,08	$-0,12x + 26$	1	24,2	0,04	$0,13x + 24$	1
	24	23,0	0,04	$0,12x + 22$	1	27,2	0,13	$0,08x + 26$	2	25,5	0,04	$0,13x + 23$	1
	moy.			$0,16x + 23$				$-0,04x + 26$				$0,19x + 22$	
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	4,0	0,02	$0,06x + 3$	0,6	3,5	0,04	$0,04x + 3$	1,0	2,7	0,04	$0,06x + 2$	0,6
	36	3,4	0,02	$0,06x + 2$	0,5	3,3	0,04	$0,04x + 2$	0,8	3,0	0,04	$0,02x + 2$	0,8
	30	3,2	0,02	$0,02x + 3$	0,4	3,3	0,02	$0,15x + 1$	0,5	3,5		$+ 3$	
	24	3,6	0,04	$0,10x + 2$	0,5	3,6	0,04	$0,15x + 1$	1,0	4,2	0,17	$0,13x + 2$	0,2
	moy.			$0,06x + 3$				$0,10x + 2$				$0,05x + 2$	
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	19,6	0,06	$0,19x + 16$	1,6	20,5	0,02	$0,21x + 16$	0,6	23,5	0,04	$0,06x + 23$	1,2
	36	20,3	0,04	$0,19x + 17$	0,8	20,5	0,06	$0,25x + 16$	1,3	21,6	0,08	$0,13x + 20$	1,8
	30	21,1	0,10	$0,19x + 18$	1,5	20,9	0,06	$0,23x + 17$	1,1	19,6	0,06	$0,13x + 18$	1,2
	24	22,1	0,17	$0,02x + 22$	1,5	19,1	0,06	$0,19x + 15$	1,0	18,0	0,02	$0,35x + 15$	1,4
	moy.			$0,15x + 18$				$0,30x + 16$				$0,17x + 19$	

Total végétatif

Tableau 11

(4) en mg

-78-

Equations exprimant les teneurs en pourcent sur 100 grammes de matière sèche en fonction

de la concentration en cation par litre de sauto : $y = f(x)$

Fonction analyt.	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	a	y = ax + b	nb	moy	a	y = ax + b	nb	moy	a	y = ax + b	nb
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	103,4	1,04	$-0,77x + 115$	28	113,7	0,42	$-1,73x + 150$	12	125,8	0,75	$0,75x + 110$	20
	36	97,9	0,60	$0,50x + 89$	13	98,4	0,77	$-2,08x + 136$	16	99,8	0,77	$1,00x + 82$	16
	30	91,9	0,75	$0,48x + 84$	11	99,0	1,52	$-1,79x + 126$	23	105,6	1,10	$0,42x + 98$	17
	24	112,3	2,08	$-0,08x + 113$	21	104,6	0,50	$0,67x + 95$	7	95,9	0,83	$-1,37x + 108$	13
	moy.			$0,03x + 100$				$-1,23x + 127$				$0,20x + 100$	
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	61,8	0,25	$-0,21x + 66$	7	78,8	0,29	$-0,21x + 83$	7	76,8	0,21	$1,10x + 14$	6
	36	65,8	0,48	$-0,46x + 74$	10	65,5	0,58	$-1,04x + 84$	12	63,5	0,50	$0,87x + 48$	11
	30	65,4	0,65	$-0,29x + 70$	10	68,4	0,94	$-0,77x + 80$	14	66,9	0,58	$0,87x + 14$	9
	24	72,8	2,04	$0,50x + 67$	20	61,3	0,19	$-0,83x + 74$	3	61,7	0,96	$-0,37x + 65$	14
	moy.			$-0,12x + 69$				$-0,71x + 80$				$0,62x + 55$	
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	23,4	0,21	$0,35x + 16$	6	28,0	0,29	$-0,71x + 43$	7	34,3	0,21	$0,37x + 26$	6
	36	25,6	0,17	$0,33x + 20$	4	24,9	0,29	$-0,52x + 34$	6	25,5	0,19	$0,19x + 22$	4
	30	25,2	0,29	$0,08x + 24$	4	26,0	0,29	$-0,37x + 32$	5	22,4	0,35	$0,04x + 22$	6
	24	25,2	0,29	$0,85x + 15$	3	23,5	0,21	$-0,62x + 33$	3	23,0	0,04	$0,42x + 19$	1
	moy.			$0,40x + 19$				$-0,56x + 36$				$0,26x + 22$	
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	98,1	0,85	$4,90x - 5$	23	45,9	0,27	$1,15x + 22$	7	126,0	0,58	$3,79x + 46$	16
	36	87,0	0,46	$4,58x + 5$	9	64,9	0,81	$1,75x + 33$	17	81,7	0,40	$2,92x + 29$	8
	30	71,6	0,73	$4,67x + 2$	11	92,4	1,42	$1,65x + 68$	21	75,8	0,83	$3,17x + 28$	13
	24	75,8	2,50	$5,71x + 7$	25	111,1	0,85	$0,33x + 108$	13	70,8	0,48	$4,56x + 3$	7
	moy.			$4,97x + 2$				$1,22x + 58$				$3,61x + 27$	
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	100,1	0,42	$4,87x - 2$	12	120,6	0,15	$4,46x + 27$	4	44,3	0,10	$-0,50x + 55$	3
	36	93,3	0,92	$4,58x + 11$	19	85,6	0,42	$3,37x + 26$	9	64,6	0,52	$-0,85x + 80$	11
	30	81,0	0,92	$5,02x + 56$	14	81,3	0,81	$4,17x + 19$	12	94,6	0,96	$-1,52x + 117$	14
	24	74,4	1,73	$5,29x + 12$	17	75,6	0,62	$3,35x + 25$	9	114,4	1,35	$-0,90x + 128$	20
	moy.			$4,94x + 19$				$3,84x + 24$				$-0,94x + 95$	
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	30,3	0,12	$-0,10x + 32$	3	96,0	0,35	$4,29x + 6$	10	84,7	0,58	$4,50x - 10$	16
	36	48,4	0,37	$-0,75x + 62$	8	63,4	0,62	$3,21x + 7$	13	63,2	1,00	$3,96x - 8$	21
	30	62,7	0,94	$-1,29x + 82$	14	55,5	1,04	$2,96x + 11$	16	60,0	0,67	$3,33x + 10$	10
	24	84,9	2,35	$-0,42x + 90$	23	34,7	0,27	$2,85x + 9$	4	40,5	0,56	$4,04x + 4$	8
	moy.			$-0,64x + 67$				$3,33x + 8$				$3,96x - 1$	

Tige

Tableau 12.

(y) en mg

-79-

Equations exprimant les teneurs $\frac{y}{x}$ sur 100 grammes de matière sèche en fonctionde la concentration x en g/l de sable; $y = f(x)$

valeur maxi- mum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution								
	K - Ca			Ca - Mg			Mg - K		
	moy	σ	a $y = ax + b$ σb	moy	σ	a $y = ax + b$ σb	moy	σ	a $y = ax + b$ σb
	f. de K			f. de Ca			f. de Mg		
42	66,7	0,46	$0,77x + 50$ 13	76,2	0,46	$-1,71x + 112$ 12	90,0	0,69	$1,10x + 67$ 19
36	64,4	0,52	$0,75x + 51$ 11	67,8	1,00	$-1,77x + 100$ 21	63,7	0,58	$0,67x + 52$ 12
30	61,0	0,48	$0,01x + 61$ 7	69,5	1,15	$-0,65x + 79$ 17	69,2	0,85	$0,42x + 63$ 13
24	72,7	2,17	$0,23x + 65$ 21	69,5	0,77	$1,04x + 54$ 12	67,0	0,94	$-1,23x + 78$ 14
moy.			$0,44x + 57$			$-0,77x + 86$			$0,24x + 65$
	f. de K			f. de Ca			f. de Mg		
42	19,6	0,15	$0,12x + 17$ 4	23,0	0,12	$-0,40x + 31$ 3	27,5	0,19	$0,29x + 21$ 3
36	19,9	0,15	$0,21x + 16$ 3	20,9	0,25	$-0,52x + 30$ 5	19,9	0,15	$0,25x + 15$ 3
30	21,1	0,21	$0,12x + 19$ 3	23,3	0,40	$-0,46x + 30$ 6	21,6	0,21	$0,23x + 18$ 3
24	24,8	0,73	$0,14x + 18$ 7	20,7	0,10	$-0,33x + 26$ 2	19,6	0,10	$0,12x + 19$ 2
moy.			$0,25x + 18$			$-0,43x + 29$			$0,22x + 18$
	f. de K			f. de Ca			f. de Mg		
42	18,4	0,15	$0,35x + 11$ 4	17,7	0,23	$-0,50x + 28$ 6	26,4	0,15	$0,19x + 22$ 4
36	19,2	0,12	$0,44x + 11$ 3	19,6	0,21	$-0,42x + 27$ 4	18,6	0,12	$-0,12x + 21$ 3
30	18,5	0,12	$0,23x + 15$ 2	20,3	0,25	$-0,25x + 24$ 4	17,1	0,33	$-0,19x + 20$ 5
24	18,5	0,10	$0,85x + 8$ 1	18,7	0,15	$-0,44x + 25$ 2	16,9	0,06	$0,06x + 16$ 1
moy.			$0,47x + 11$			$-0,40x + 26$			$-0,02x + 20$
	f. de K			f. de Mg			f. de K		
42	58,2	0,62	$2,17x + 13$ 17	35,6	0,19	$0,40x + 27$ 5	69,8	0,52	$1,81x + 32$ 14
36	51,2	0,37	$1,73x + 20$ 8	40,0	0,40	$0,56x + 30$ 8	47,0	0,37	$1,10x + 27$ 8
30	44,8	0,37	$2,08x + 11$ 6	58,2	0,98	$0,83x + 46$ 15	50,0	0,87	$0,71x + 39$ 13
24	49,1	2,44	$2,14x + 19$ 24	61,4	0,37	$0,35x + 58$ 6	43,9	0,21	$1,70x + 16$ 13
moy.			$2,13x + 16$			$0,14x + 40$			$1,33x + 29$
	f. de Ca			f. de Ca			f. de K		
42	28,5	0,15	$0,65x + 15$ 4	25,1	0,17	$0,73x + 10$ 5	18,4	0,08	$0,15x + 15$ 2
36	23,4	0,27	$0,31x + 18$ 6	21,9	0,12	$0,58x + 11$ 3	19,0	0,08	$0,17x + 16$ 2
30	21,2	0,12	$0,44x + 15$ 2	25,1	0,27	$0,79x + 13$ 4	24,7	0,31	$0,23x + 21$ 5
24	20,2	0,60	$0,29x + 17$ 6	25,4	0,31	$1,02x + 10$ 5	29,9	0,31	$0,73x + 19$ 5
moy.			$0,42x + 16$			$0,78x + 11$			$0,32x + 18$
	f. de K			f. de Mg			f. de Mg		
42	13,6	0,12	$0,33x + 7$ 11	30,0	0,21	$1,52x - 2$ 6	35,3	0,23	$1,27x + 9$ 6
36	19,6	0,25	$0,33x + 14$ 5	24,3	0,31	$1,33x + 0$ 6	23,1	0,19	$0,90x + 7$ 4
30	24,1	0,19	$+ 24$ 3	23,3	0,42	$1,06x + 7$ 6	24,0	0,31	$0,94x + 10$ 5
24	30,7	0,83	$0,10x + 30$ 8	15,8	0,10	$1,23x + 5$ 2	13,9	0,17	$1,15x + 4$ 3
moy.			$0,19x + 19$			$1,29x + 3$			$1,07x + 8$

Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de
matière sèche en fonction (x)

Fragments de tige

de la concentration d'un cation par litre de sauto : $y = f(x)$

élément analytique	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	a	$y = ax + b$	b	moy	a	$y = ax + b$	b	moy	a	$y = ax + b$	b
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	57,7	0,29	$0,83x + 40$	8	66,1	0,42	$-1,62x + 100$	9	77,8	0,65	$1,15x + 54$	17
	36	54,8	0,44	$0,37x + 42$	8	59,2	0,83	$-1,69x + 90$	18	56,2	0,17	$0,58x + 46$	11
	30	52,4	0,42	$0,01x + 52$	6	59,0	1,25	$-0,58x + 68$	18	59,3	1,23	$1,54x + 36$	18
	24	62,8	1,62	$0,50x + 57$	16	61,4	0,75	$0,81x + 49$	8	57,9	0,85	$-1,21x + 67$	14
	moy.			$0,43x + 49$				$-0,77x + 77$				$0,52x + 51$	
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	8,1	0,06	$0,13x + 6$	1,3	8,5	0,08	$-0,17x + 12$	2,0	11,4	0,06	$0,15x + 8$	17
	36	8,4	0,08	$0,04x + 8$	1,7	8,6	0,13	$-0,23x + 13$	2,6	7,9	0,02	$-0,02x + 8$	0,6
	30	8,4	0,08	$0,10x + 7$	1,3	9,8	0,13	$-0,13x + 12$	1,9	8,5	0,13	$-0,06x + 9$	2,1
	24	9,2	0,08	$0,29x + 6$	2,3	9,0	0,10	$-0,02x + 9$	1,5	8,8	0,06	$-0,10x + 10$	13
	moy.			$0,14x + 7$				$-0,14x + 12$				$-0,01x + 9$	
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	17,3	0,10	$0,33x + 10$	3,0	16,7	0,13	$-0,37x + 25$	3,4	25,0	0,10	$-0,06x + 24$	2,8
	36	19,8	0,08	$0,46x + 12$	1,6	19,2	0,17	$-0,48x + 28$	3,5	18,4	0,13	$0,01x + 18$	2,6
	30	18,6	0,10	$0,23x + 15$	1,4	20,5	0,25	$-0,23x + 24$	3,7	17,8	0,10	$-0,23x + 21$	4,4
	24	18,6	0,08	$0,85x + 8$	0,7	19,0	0,25	$-0,35x + 24$	3,9	17,0	0,04	$0,04x + 17$	0,9
	moy.			$0,47x + 11$				$-0,36x + 25$				$-0,06x + 20$	
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	30,8	0,67	$1,48x + 0$	9	15,2	0,13	$0,48x + 5$	4	40,6	0,31	$0,87x + 22$	9
	36	28,9	0,48	$1,15x + 8$	6	23,9	0,33	$0,58x + 13$	7	25,3	0,13	$0,71x + 13$	26
	30	24,3	0,12	$1,31x + 5$	4	32,0	0,44	$0,52x + 24$	7	25,3	0,33	$1,06x + 9$	17
	24	24,8	0,23	$2,08x + 0$	4	34,0	0,31	$0,004x + 34$	13	24,0	0,08	$1,33x + 4$	2
	moy.			$1,51x + 3$				$0,40x + 19$				$0,99x + 12$	
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	18,1	0,04	$0,31x + 12$	1	14,4	0,15	$0,48x + 4$	1	11,4	0,02	$0,17x + 8$	0,8
	36	15,1	0,06	$0,25x + 11$	2	13,6	0,10	$0,46x + 5$	2	12,2	0,02	$0,23x + 8$	0,6
	30	12,8	0,21	$0,10x + 13$	3	14,8	0,08	$0,46x + 8$	1	14,0	0,13	$0,27x + 10$	19
	24	11,3	0,06	$0,04x + 11$	1	18,2	0,33	$0,96x + 4$	5	22,0	0,19	$0,83x + 7$	4
	moy.			$0,18x + 12$				$0,59x + 5$				$0,38x + 8$	
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	7,4	0,08	$0,25x + 2$	2,0	13,2	0,02	$0,56x + 1$	42	16,0	0,10	$0,40x + 8$	3
	36	9,5	0,08	$0,13x + 7$	1,5	9,9	0,17	$0,54x$	10	10,1	0,10	$0,29x + 5$	3
	30	10,0	0,08	$0,06x + 9$	2,1	10,3	0,17	$0,42x + 4$	3	10,1	0,10	$0,31x + 5$	3
	24	13,0	0,27	$-0,21x + 16$	4,0	8,0	0,06	$0,42x + 4$	1	7,0	0,02	$0,31x + 4$	1
	moy.			$0,06x + 9$				$0,49x + 2$				$0,33x + 6$	

Feuilles
totalEquations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de
matière sèche en fonctionde la concentration d'un cation par litre de sauto $y = f(x)$

Éléments analysés	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution													
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K					
		moy	σ	a	$y = ax + b$	σb	moy	σ	a	$y = ax + b$	σb	moy	σ	a	$y = ax + b$
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	141,1	0,62	$1,25x + 113$	16	147,2	0,62	$-1,46x + 189$	16	158,6	0,62	$0,21x + 154$	17		
	36	135,0	0,83	$0,62x + 126$	17	132,9	0,62	$-1,87x + 168$	10	139,7	0,83	$1,04x + 119$	18		
	30	126,8	0,62	$1,25x + 109$	10	138,7	1,25	$-0,42x + 146$	19	144,3	1,25	$0,02x + 144$	17		
	24	152,9	1,25	$0,62x + 145$	14	141,4	0,62	$-0,06x + 141$	10	124,6	0,62	$-1,46x + 137$	9		
	moy.			$0,94x + 123$				$-0,95x + 161$				$-0,05x + 139$			
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	109,4	0,42	$-0,83x + 127$	6	133,3	0,42	$-0,62x + 148$	8	125,4	0,21	$1,46x + 93$	5		
	36	118,4	1,25	$-0,83x + 133$	16	119,0	0,83	$-0,83x + 135$	16	115,1	0,62	$1,46x + 90$	14		
	30	119,2	0,42	$-0,42x + 125$	7	120,5	0,83	$-1,04x + 136$	12	118,4	0,83	$1,25x + 101$	12		
	24	122,4	1,87	$0,42x + 127$	19	107,1	0,21	$-1,87x + 135$	5	107,7	0,62	$1,67x + 93$	11		
	moy.			$-0,42x + 128$				$-1,09x + 139$				$1,46x + 94$			
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	28,7	0,21	$0,42x + 22$	7	35,2	0,42	$-0,62x + 49$	12	41,7	0,21	$0,42x + 31$	9		
	36	32,5	0,04	$0,21x + 28$	2	30,9	0,21	$-0,62x + 41$	4	30,1	0,21	$-0,02x + 30$	4		
	30	32,9	0,42	$-0,02x + 33$	6	32,2	0,21	$-0,42x + 39$	4	28,0	0,42	$0,21x + 24$	7		
	24	31,9	0,21	$0,83x + 22$	3	28,6	0,42	$-0,83x + 42$	5	29,4	0,10	$0,83x + 22$	1		
	moy.			$0,36x + 26$				$-0,62x + 43$				$0,36x + 27$			
K		f. de K				f. de Mg				f. de K					
	42	139,6	0,83	$7,50x - 18$	25	52,0	0,42	$1,67x + 19$	10	180,9	0,62	$6,25x + 50$	14		
	36	126,9	0,62	$8,12x - 19$	13	90,9	1,04	$2,08x + 13$	18	121,1	0,42	$5,83x + 28$	7		
	30	103,4	1,67	$7,71x - 12$	13	128,1	1,04	$2,29x + 94$	15	101,5	0,62	$5,62x + 17$	8		
	24	101,2	1,87	$8,54x + 1$	17	164,3	0,83	$1,04x + 156$	13	97,2	0,62	$6,87x - 6$	8		
	moy.			$7,97x - 12$				$1,77x + 81$				$6,14x + 22$			
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K					
	42	184,0	0,62	$9,79x - 23$	14	217,0	1,46	$7,71x + 13$	14	71,0	0,42	$-0,42x + 80$	9		
	36	172,7	1,25	$8,75x + 15$	28	167,3	0,83	$7,29x + 36$	9	119,5	0,21	$-1,67x + 151$	20		
	30	152,9	1,04	$9,58x + 9$	14	148,2	0,62	$8,12x + 26$	13	173,8	1,25	$-2,71x + 214$	18		
	24	131,6	1,46	$10,00x + 12$	15	131,2	1,04	$5,21x + 15$	17	207,2	1,87	$-3,12x + 224$	28		
	moy.			$9,53x + 3$				$7,08x + 43$				$-1,98x + 175$			
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg					
	42	49,5	0,21	$-0,62x + 63$	3	160,6	0,62	$6,87x + 18$	16	43,75	0,83	$7,29x - 20$	21		
	36	77,6	0,62	$-2,50x + 123$	10	110,0	0,42	$4,79x + 24$	10	110,2	1,46	$7,08x - 18$	30		
	30	109,7	1,25	$-2,29x + 146$	19	92,3	1,04	$4,79x + 20$	18	100,5	0,62	$5,62x + 17$	9		
	24	142,7	2,08	$-0,83x + 154$	22	57,2	0,62	$4,79x + 14$	8	70,6	0,62	$7,29x + 6$	10		
	moy.			$-1,56x + 122$				$5,31x + 19$				$6,82x - 4$			

Feuilles
limbes

Tableau 15

(y) en meq

Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de
matière sèche en fonction

- 82 -

de la concentration d'un cation par litre de sable $y = f(x)$

Sec

Éléments analysés	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	a	y = ax + b	b	moy	a	y = ax + b	b	moy	a	y = ax + b	b
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	156,2	0,83	$1,46x + 127$	17	159,6	0,21	$-1,46x + 190$	6	175,5	0,62	$0,21x + 172$	19
	36	148,7	0,62	$0,83x + 135$	14	148,2	0,62	$-2,50x + 193$	12	153,6	0,62	$1,04x + 136$	15
	30	143,4	1,04	$0,42x + 137$	14	152,5	1,46	$-0,42x + 159$	20	156,3	1,25	$-0,62x + 167$	17
	24	164,8	0,42	$0,62x + 158$	1	154,2	0,42	$-0,62x + 163$	14	141,2	1,04	$-0,06x + 141$	15
moy.			$0,83x + 139$				$-1,25x + 176$				$0,14x + 154$		
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	131,1	0,31	$-0,83x + 148$	8	155,9	0,42	$-0,42x + 166$	10	150,1	0,21	$1,67x + 116$	4
	36	145,0	1,87	$-0,83x + 160$	13	142,5	0,83	$-0,83x + 157$	18	136,2	0,62	$1,25x + 115$	15
	30	142,8	0,62	$-0,42x + 150$	8	144,5	0,62	$-0,62x + 145$	12	139,9	1,04	$1,04x + 123$	15
	24	143,3	1,04	$1,25x + 128$	16	129,1	0,42	$-2,08x + 161$	7	135,0	0,62	$5,21x + 76$	10
moy.			$-0,21x + 147$				$-0,99x + 157$				$2,29x + 108$		
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	31,5	0,42	$0,42x + 25$	10	40,6	0,42	$-0,04x + 42$	10	45,0	0,21	$0,42x + 35$	8
	36	36,4	0,10	$0,21x + 32$	2	34,2	0,29	$-0,62x + 44$	5	35,0	0,21	$0,42x + 29$	6
	30	36,7	0,42	$-0,21x + 40$	7	35,5	0,21	$-0,02x + 36$	5	31,2	0,62	$0,21x + 27$	8
	24	35,0	0,13	$0,83x + 25$	2	31,5	0,42	$-1,04x + 46$	5	33,6	0,06	$1,04x + 24$	1
moy.			$0,31x + 31$				$-0,43x + 42$				$0,52x + 29$		
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	136,4	1,04	$7,92x - 27$	27	49,3	0,21	$1,67x + 14$	9	175,3	0,62	$6,25x + 45$	7
	36	119,5	0,42	$7,50x - 16$	8	86,7	1,04	$2,29x + 45$	10	120,0	0,42	$5,21x + 28$	8
	30	150,9	0,62	$7,92x - 18$	10	124,8	1,04	$2,71x + 84$	16	98,8	0,62	$5,42x + 18$	10
	24	97,6	0,83	$8,54x - 5$	13	161,0	1,04	$1,25x + 150$	15	91,6	0,62	$6,87x - 11$	12
moy.			$7,97x - 17$				$1,98x + 73$				$5,94x + 20$		
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	211,2	0,62	$11,25x - 27$	14	250,3	0,42	$8,96x + 60$	10	78,3	1,04	$-1,25x + 103$	23
	36	204,8	1,67	$10,62x + 15$	24	195,6	1,04	$9,37x + 28$	15	137,6	0,42	$-0,42x + 143$	22
	30	179,3	1,25	$11,66x + 4$	16	174,3	1,46	$9,79x + 27$	22	203,8	1,67	$-2,92x + 247$	25
	24	150,7	0,62	$11,87x + 8$	18	151,2	0,21	$6,25x + 57$	7	247,6	1,67	$-4,37x + 313$	25
moy.			$11,35x$				$8,59x + 43$				$-2,24x + 202$		
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	172,4	0,15	$-0,42x + 63$	4	153,6	0,42	$5,83x + 32$	9	147,3	1,04	$8,12x - 23$	25
	36	84,0	0,42	$-1,67x + 113$	10	115,8	0,21	$4,37x + 30$	6	116,4	1,67	$8,12x - 30$	112
	30	116,9	1,46	$-2,08x + 149$	23	99,5	1,04	$4,79x + 23$	16	105,0	0,62	$5,83x + 20$	10
	24	151,1	2,92	$0,08x + 151$	25	72,6	0,42	$5,21x + 16$	7	74,4	0,62	$7,50x + 7$	11
moy.			$-1,02x + 119$				$5,05x + 25$				$7,39x - 7$		

Equations exprimant les teneurs techniques sur 100 grammes de matière sèche en fonction

de la concentration d'un cation par litre de sa solution $y = f(x)$

Sec

Éléments analysés	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	σ	$y = ax + b$	σb	moy	σ	$y = ax + b$	σb	moy	σ	$y = ax + b$	σb
		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
NO3	42	96,7	0,42	$1,04x + 75$	9	109,0	0,21	$-1,46x + 139$	6	116,3	0,62	$1,04x + 95$	15
	36	92,6	0,62	$0,62x + 83$	10	92,6	0,62	$-1,67x + 122$	14	94,9	0,83	$1,04x + 78$	17
	30	92,1	0,83	$0,62x + 83$	12	95,2	1,04	$-0,83x + 109$	14	99,8	0,83	$0,42x + 93$	12
	24	103,8	2,29	$0,08x + 104$	23	104,6	1,04	$1,46x + 81$	14	81,5	1,46	$-1,67x + 97$	22
	moy.							$-0,63x + 113$				$0,21x + 91$	
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	40,8	0,21	$1,87x + 2$	7	41,3	0,21	$-1,04x + 63$	6	52,0	0,21	$1,04x + 30$	6
	36	41,7	0,42	$0,21x + 37$	10	48,2	0,42	$-1,04x + 67$	8	45,3	0,21	$0,21x + 42$	4
	30	42,9	0,42	$0,83x + 30$	6	49,5	0,62	$-0,21x + 53$	8	45,7	0,42	$-0,42x + 51$	6
	24	49,0	0,42	$0,21x + 49$	4	45,0	0,21	$-0,62x + 63$	2	43,3	0,13	$0,42x + 37$	9
moy.			$0,78x + 30$				$-0,73x + 62$				$0,31x + 40$		
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	19,4	0,15	$0,42x + 10$	4	20,4	0,21	$-0,83x + 36$	7	30,2	0,21	$0,42x + 24$	5
	36	21,3	0,21	$0,42x + 12$	3	21,3	0,21	$-0,62x + 31$	5	22,8	0,21	$0,02x + 22$	3
	30	20,3	0,21	$0,62x + 13$	4	22,3	0,21	$-0,42x + 28$	4	17,0	0,21	$0,08x + 17$	4
	24	20,7	0,42	$0,21x + 17$	7	20,3	0,21	$-0,83x + 32$	4	17,7	0,21	$0,10x + 18$	3
moy.			$0,42x + 13$				$-0,68x + 32$				$0,16x + 20$		
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	149,8	0,83	$6,46x + 12$	22	66,7	0,42	$1,67x + 30$	12	175,5	0,83	$4,58x + 78$	22
	36	128,2	1,04	$6,04x + 21$	19	104,4	1,04	$1,46x + 80$	19	128,9	0,42	$4,58x + 46$	9
	30	113,4	0,21	$7,08x + 7$	3	145,4	1,25	$1,67x + 120$	17	122,0	0,62	$5,62x + 36$	11
	24	93,2	1,25	$7,92x + 14$	17	173,3	0,62	$-0,21x + 175$	9	111,7	0,83	$6,25x + 9$	4
moy.			$6,88x + 14$				$1,15x + 101$				$5,26x + 42$		
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	93,3	0,42	$3,75x + 15$	10	79,7	0,62	$3,33x + 11$	16	44,4	0,17	$0,21x + 40$	4
	36	75,7	0,42	$2,08x + 38$	8	75,3	0,62	$3,33x + 16$	12	55,8	0,42	$0,42x + 48$	8
	30	62,7	0,21	$1,25x + 38$	5	73,4	0,62	$3,75x + 18$	10	71,3	0,62	$0,62x + 62$	11
	24	70,5	0,21	$1,25x + 38$	2	75,3	0,83	$3,12x + 28$	15	96,4	0,62	$2,29x + 62$	8
moy.			$2,08x + 32$				$3,38x + 18$				$0,89x + 53$		
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	40,7	0,21	$-0,83x + 60$	7	121,8	0,42	$3,33x + 52$	8	89,6	0,42	$4,58x - 5$	13
	36	70,3	0,21	$-2,08x + 107$	5	91,0	0,42	$3,33x + 33$	7	83,4	0,42	$5,21x - 10$	10
	30	87,1	0,42	$-2,71x + 129$	6	69,9	0,83	$2,71x + 29$	12	85,5	0,62	$5,21x + 8$	8
	24	109,9	0,62	$-3,75x + 155$	8	41,0	0,62	$3,33x + 12$	9	72,2	0,08	$6,04x + 5$	2
moy.			$-2,34x + 113$				$3,18x + 32$				$5,26x - 0,50$		

Tableau 7. Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de matière sèche en fonction de la concentration d'un cation par litre de sable $y = f(x)$

N° de l'analyse	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution												
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K				
		moy	a	y = ax + b	nb	moy	a	y = ax + b	nb	moy	a	y = ax + b	nb	
NOS		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	198,5	0,21	-0,21x + 203	4	204,0	0,21	0,08x + 204	7	202,6	0,21	0,62x + 190	5	
	36	200,8	0,21	-0,42x + 209	9	207,3	0,42	0,42x + 215	8	198,0	0,42	0,42x + 189	6	
	30	206,1	0,21	-1,04x + 221	4	203,0	0,21	0,04x + 203	2	205,0	0,62	0,02x + 205	8	
	24	201,3	0,42	0,21x + 197	4	194,0	0,62	0,02x + 194	8	204,3	0,21	1,25x + 193	4	
	moy.			-0,37x + 208				0,14x + 204				0,58x + 194		
S04		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	90,2	0,21	-0,62x + 102	6	96,6	0,21	-0,21x + 100	6	103,7	1,46	1,04x + 82	13	
	36	101,1	0,21	-0,21x + 105	6	106,6	0,62	-0,62x + 119	12	95,2	0,42	0,42x + 90	8	
	30	100,4	0,42	-0,02x + 100	6	104,4	0,62	-0,62x + 114	11	98,4	1,04	0,21x + 97	15	
	24	101,9	0,62	2,08x + 77	6	89,4	0,83	-1,67x + 114	9	90,4	0,62	1,46x + 77	9	
	moy.			0,31x + 96				-0,78x + 112				0,78x + 87		
P04		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	38,8	0,21	0,42x + 32	6	42,8	0,21	-0,42x + 13	6	48,6	0,21	0,21x + 43	3	
	36	43,3	0,21	0,42x + 37	4	42,2	0,21	-0,62x + 13	4	43,4	0,21	0,21x + 40	4	
	30	43,0	0,21	0,21x + 41	4	43,0	0,62	-0,21x + 47	5	39,8	0,62	0,02x + 40	8	
	24	41,1	0,21	0,83x + 31	4	40,2	0,21	-0,62x + 50	5	38,0	0,42	0,21x + 37	5	
	moy.			0,47x + 35				-0,47x + 51				0,16x + 40		
K		f. de K				f. de Mg				f. de K				
	42	163,0	0,42	5,83x + 40	14	75,4	0,83	-2,29x + 124	21	197,1	0,42	3,54x + 124	10	
	36	149,1	0,62	6,87x + 25	14	138,5	0,83	2,08x + 101	18	156,2	0,62	5,00x + 65	16	
	30	137,9	0,83	8,33x + 13	14	162,9	0,42	1,67x + 138	5	132,4	1,04	6,46x + 37	13	
	24	127,8	1,46	9,79x + 9	14	184,5	0,83	1,87x + 168	11	123,7	1,87	6,25x + 30	18	
	moy.			7,71x + 22				0,83x + 133				5,31x + 64		
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K				
	42	129,3	0,42	6,46x - 6	12	148,5	0,62	5,83x + 28	16	41,4	0,62	-0,83x + 59	10	
	36	129,9	0,62	6,67x + 10	12	130,2	0,42	6,25x + 20	7	86,1	1,04	-0,83x + 101	17	
	30	109,1	0,62	8,12x - 13	3	107,2	0,83	7,08x + 1	13	129,0	1,04	-1,46x + 151	17	
	24	90,3	0,21	6,67x - 2	3	92,7	1,04	5,00x + 18	15	161,0	0,62	-2,29x + 195	9	
	moy.			6,98x - 3				6,04x + 7				-1,35x + 127		
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg				
	42	45,6	0,21	-0,62x + 58	3	110,3	0,42	3,75x + 30	12	96,2	0,42	4,37x + 3	13	
	36	62,5	0,62	-0,83x + 77	11	81,8	0,62	3,33x + 21	15	80,1	1,04	4,17x + 5	19	
	30	78,9	0,62	-1,04x + 98	9	66,10	0,21	2,50x + 28	4	71,0	0,21	3,33x + 21	5	
	24	94,3	1,04	-1,04x + 107	10	46,4	0,42	3,33x + 17	7	52,1	0,42	4,37x + 14	8	
	moy.			0,88x + 85				3,23x + 24				4,06x + 11		

Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de
matière sèche en fonction

de la concentration (x)
d'un cation par litre de saole $y = f(x)$

élément analysé	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	a	y = ax + b	rb	moy	a	y = ax + b	rb	moy	a	y = ax + b	rb
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	222,4	0,21	-0,42 x + 230	5	226,5	0,42	-0,42 x + 233	10	227,3	0,21	1,04 x + 206	5
	36	224,1	0,62	-0,42 x + 232	12	235,7	0,21	-1,67 x + 265	4	222,3	0,21	1,67 x + 191	7
	30	230,7	0,42	-1,04 x + 246	6	228,9	0,21	-0,21 x + 233	2	227,4	0,83	0,42 x + 221	13
	24	226,8	0,21	-1,04 x + 214	1	215,0	0,62	-0,02 x + 215	7	227,5	0,62	1,67 x + 212	9
moy.			-0,73 x + 231				-0,58 x + 237				1,20 x + 208		
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	116,9	0,42	-0,62 x + 128	11	121,6	0,21	-0,42 x + 132	8	137,9	0,62	0,42 x + 131	17
	36	130,3	0,42	0,21 x + 127	10	139,5	0,83	-1,04 x + 158	17	123,2	0,62	0,42 x + 117	12
	30	129,4	0,62	0,42 x + 125	11	136,1	1,04	-1,25 x + 155	16	125,9	1,46	0,42 x + 121	23
	24	131,8	0,62	-3,04 x + 174	6	116,6	0,83	-2,71 x + 157	11	115,4	1,04	1,67 x + 100	17
moy.			-0,88 x + 139				-1,36 x + 151				0,73 x + 117		
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	43,6	0,21	0,21 x + 38	6	48,2	0,42	-0,62 x + 62	7	13,5	0,21	0,42 x + 47	5
	36	48,5	0,21	0,21 x + 43	6	47,7	0,21	-1,62 x + 59	5	48,8	0,21	0,21 x + 45	5
	30	48,2	0,21	0,06 x + 48	4	48,1	0,42	-0,21 x + 51	6	44,8	0,62	0,02 x + 45	10
	24	45,8	0,21	0,83 x + 35	1	44,5	0,42	-0,83 x + 58	5	44,7	0,21	0,62 x + 39	3
moy.			0,33 x + 41				-0,57 x + 58				0,32 x + 44		
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	141,9	0,42	5,21 x + 33	13	63,0	0,83	1,87 x + 21	21	177,1	0,42	3,12 x + 111	13
	36	130,5	0,62	6,25 x + 20	14	123,5	1,04	2,08 x + 86	19	136,1	0,62	4,17 x + 61	14
	30	122,4	0,62	7,92 x + 5	10	144,4	0,62	1,87 x + 115	8	114,9	1,04	5,83 x + 28	16
	24	114,2	1,25	9,58 x	14	164,0	0,62	2,08 x + 146	10	105,7	1,25	5,21 x + 27	18
moy.			7,24 x + 15				1,98 x + 92				4,58 x + 57		
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	154,0	1,25	7,43 x - 8	13	177,0	0,62	6,46 x + 41	18	50,5	0,08	-1,04 x + 72	2
	36	156,9	0,83	8,33 x + 8	15	155,8	0,62	7,08 x + 29	12	107,0	0,62	-1,04 x + 127	14
	30	132,4	0,42	9,58 x - 11	6	131,6	1,04	8,75 x	14	156,4	1,46	-1,87 x + 183	23
	24	109,7	1,04	9,17 x	9	111,4	1,25	5,83 x + 24	22	194,2	1,04	-2,92 x + 237	15
moy.			8,63 x - 3				7,03 x + 24				-1,72 x + 155		
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	49,5	0,08	-0,42 x + 58	2	115,4	0,62	5,42 x + 21	17	113,8	0,42	5,21 x + 4	13
	36	68,0	0,62	-0,21 x + 73	10	91,4	1,04	4,37 x + 15	13	87,0	0,83	4,17 x + 12	17
	30	86,4	0,62	-0,42 x + 92	10	74,6	0,42	3,33 x + 25	8	76,0	0,21	3,12 x + 29	2
	24	103,5	0,42	0,21 x + 101	12	54,1	0,42	3,96 x + 18	7	54,2	0,62	4,17 x + 17	8
moy.			-0,21 x + 81				4,27 x + 20				4,17 x + 16		

3 feuilles
Pétioles

Tableau 19.

(g) en moy

-86-

Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de matière sèche en fonction

de la concentration d'un cation par litre de sauto: $y = f(x)$

élément analysé	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	σ	$y = ax + b$	nb	moy	σ	$y = ax + b$	nb	moy	σ	$y = ax + b$	nb
		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
NO3	42	134,5	0,42	$1,04x + 114$	10	135,0	0,42	$-0,42x + 144$	7	141,8	0,48	$-0,42x + 113$	10
	36	135,8	0,62	$0,42x + 127$	13	132,0	0,42	$-0,83x + 147$	7	134,4	0,42	$0,62x + 122$	4
	30	137,7	0,21	$-0,04x + 138$	2	135,0	0,83	$0,62x + 127$	12	138,0	0,42	$-0,83x + 151$	5
	24	128,0	0,21	$0,21x + 125$	8	135,8	0,42	$0,42x + 129$	11	135,5	0,42	$-0,21x + 138$	5
	moy.			$0,41x + 126$				$-0,05x + 137$				$-0,21x + 141$	
SO4	42	18,4	0,21	$0,02x + 18$	8	18,3	0,21	$0,21x + 18$	5	19,6	0,21	$0,04x + 19$	7
	36	21,3	0,42	$0,02x + 21$	8	18,3	0,21	$-0,04x + 18$	2	21,4	0,42	$-0,21x + 25$	9
	30	20,5	0,42	$0,02x + 21$	1	19,7	0,62	$-0,42x + 25$	7	16,3	0,21	$0,21x + 13$	3
	24	16,7	0,21	$0,21x + 15$	2	13,2	0,10	$-0,21x + 16$	1	16,4	0,08	$0,42x + 13$	1
	moy.			$0,07x + 19$				$-0,12x + 19$				$0,12x + 18$	
PO4	42	26,0	0,21	$0,42x + 15$	5	26,2	0,21	$-0,42x + 37$	5	36,5	0,06	$0,04x + 37$	2
	36	29,0	0,21	$0,62x + 20$	4	27,4	0,21	$-0,62x + 38$	4	29,2	0,10	$-0,10x + 29$	3
	30	28,6	0,42	$0,62x + 21$	4	29,3	0,21	$-0,42x + 36$	3	24,8	0,04	$-0,08x + 25$	5
	24	27,4	0,21	$1,25x + 13$	2	28,2	0,21	$-0,62x + 39$	4	25,6	0,02	$0,002x + 26$	1
	moy.			$0,73x + 17$				$0,52x + 37$					
K	42	217,7	0,83	$7,29x + 67$	21	112,7	0,62	$2,92x + 52$	18	245,0	0,42	$4,17x + 159$	14
	36	197,8	1,25	$7,92x + 55$	23	179,1	0,83	$1,67x + 148$	15	207,2	0,83	$6,67x + 89$	21
	30	180,0	1,25	$5,83x + 84$	20	212,5	0,42	$1,04x + 197$	5	185,0	0,83	$7,50x + 72$	13
	24	167,3	1,25	$9,58x + 52$	14	244,8	1,46	$1,04x + 236$	21	177,3	1,04	$9,17x + 38$	15
	moy.			$7,66x + 65$				$1,67x + 158$				$6,88x + 90$	
Ca	42	60,1	0,42	$3,12x - 4$	14	58,2	0,21	$2,92x - 2$	5	19,0	0,21	$0,08x + 17$	3
	36	51,1	0,21	$2,71x + 2$	4	52,9	0,62	$3,24x - 12$	12	30,7	0,08	$0,21x + 27$	2
	30	42,4	0,21	$2,92x$	5	41,3	0,21	$2,50x + 5$	5	47,3	0,42	$-0,21x + 50$	6
	24	31,7	0,62	$2,29x + 4$	5	37,1	0,21	$1,87x + 8$	4	62,4	0,21	$-0,83x + 76$	13
	moy.			$2,76x + 0,50$				$2,71x - 0,25$				$-0,20x + 43$	
Mg	42	35,5	0,15	$-1,67x + 7$	5	97,3	0,62	$2,08x + 52$	14	14,4	0,62	$2,71x + 1$	17
	36	50,1	0,83	$-1,87x + 36$	15	56,3	0,21	$1,04x + 37$	3	63,0	0,83	$4,17x - 12$	26
	30	59,2	0,62	$-2,71x + 101$	9	43,5	0,21	$0,62x + 34$	4	56,5	0,21	$3,75x$	11
	24	69,7	0,42	$-4,17x + 121$	9	26,7	0,42	$1,67x + 12$	8	46,0	0,21	$4,37x + 7$	8
	moy.			$-2,61x + 95$				$1,35x + 34$				$3,75x - 1$	

Equations exprimant les teneurs ioniques sur 100 grammes de
matière sèche en fonction

de la concentration d'ion cation par litre de sable: $y = f(x)$

Sec. (à nos copies)

éléments analysés	valeur maxi- mum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution													
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K					
		moy	σ	a	$y = ax + b$	σb	moy	σ	a	$y = ax + b$	σb	moy	σ	a	$y = ax + b$
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	195,9	0,21	$1,46x + 166$	10	191,1	0,21	$-1,04x + 213$	6	213,5	0,02	$0,04x + 214$	7		
	36	195,4	0,42	$1,25x + 173$	9	197,1	0,21	$-1,46x + 222$	4	203,8	0,42	$-0,83x + 219$	8		
	30	200,3	0,42	$1,46x + 177$	5	199,3	0,42	$-1,46x + 222$	7	201,0	0,62	$-1,25x + 220$	3		
	24	201,5	0,21	$1,87x + 178$	1	208,1	0,83	$-1,25x + 228$	10	186,1	0,21	$-0,06x + 186$	4		
	moy.			$1,51x + 174$				$-1,30x + 221$				$-0,53x + 210$			
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	119,8	0,21	$-1,04x + 142$	9	134,8	0,21	$0,02x + 135$	7	125,0	0,21	$1,04x + 104$	4		
	36	129,4	0,42	$-0,42x + 137$	9	127,5	0,42	$0,21x + 125$	9	126,2	0,42	$0,42x + 118$	8		
	30	130,2	0,21	$-0,42x + 243$	2	129,6	0,62	$0,21x + 126$	6	124,4	1,25	$1,46x + 103$	18		
	24	123,9	0,62	$0,42x + 119$	6	115,0	0,83	$-1,46x + 137$	10	122,5	0,62	$1,67x + 108$	10		
	moy.			$-0,37x + 160$				$-0,25x + 131$				$1,15x + 108$			
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	30,5	0,10	$0,10x + 30$	3	39,7	0,21	$-0,62x + 53$	4	40,9	0,10	$0,62x + 28$	3		
	36	36,9	0,12	$-0,12x + 39$	3	35,2	0,42	$-0,62x + 45$	7	34,8	0,42	$0,83x + 20$	8		
	30	38,1	0,44	$0,21x + 41$	7	37,8	0,42	$-0,42x + 44$	7	34,8	0,42	$0,21x + 32$	6		
	24	37,2	0,62	$0,83x + 27$	6	31,5	0,21	$-0,62x + 40$	3	34,1	0,10	$0,62x + 28$	2		
	moy.			$0,26x + 34$				$-0,57x + 46$				$0,57x + 27$			
K		f. de K				f. de Mg				f. de K					
	42	190,8	1,04	$5,62x + 69$	30	118,1	0,42	$2,92x + 58$	10	235,2	0,21	$3,75x + 156$	6		
	36	178,8	0,42	$7,08x + 51$	8	169,9	1,25	$0,83x + 154$	27	190,5	0,62	$4,17x + 117$	14		
	30	178,6	0,62	$7,92x + 58$	9	195,9	0,42	$3,96x + 135$	7	162,2	0,62	$3,75x + 106$	10		
	24	171,8	1,25	$8,96x + 64$	12	212,7	1,46	$2,50x + 190$	17	152,5	0,42	$5,42x + 71$	6		
	moy.			$7,40x + 61$				$2,15x + 134$				$4,27x + 113$			
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K					
	42	178,7	0,62	$8,75x + 4$	18	198,9	0,83	$7,92x + 34$	22	50,4	0,21	$-0,83x + 69$	5		
	36	168,7	0,83	$9,17x + 2$	16	181,2	2,08	$6,87x + 57$	45	133,2	1,87	$-1,46x + 159$	37		
	30	174,4	0,62	$10,83x - 8$	9	190,8	0,83	$10,00x - 3$	13	182,7	0,83	$-1,87x + 211$	11		
	24	144,0	4,37	$12,08x - 1$	49	146,2	0,83	$8,54x + 8$	11	226,0	0,83	$-1,67x + 241$	10		
	moy.			$10,21x - 0,95$				$8,33x + 24$				$-1,46x + 170$			
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg					
	42	49,2	0,02	$1,04x + 71$	4	119,2	0,21	$3,75x + 40$	4	98,0	0,42	$4,17x + 11$	12		
	36	65,2	0,21	$1,25x + 89$	5	95,2	0,42	$3,54x + 31$	8	92,5	0,42	$4,58x + 10$	10		
	30	91,4	0,21	$1,25x + 110$	2	79,7	0,08	$3,54x + 27$	1	85,2	0,42	$4,79x + 13$	7		
	24	119,5	1,04	$1,67x + 140$	10	48,6	0,42	$3,54x + 17$	7	57,5	0,42	$5,00x + 13$	7		
	moy.			$1,30x + 103$				$3,59x + 29$				$4,64x + 12$			

10e. feuille
Limbes

Tableau 21

(y) en moy

Equations exprimant les teneurs α en moy sur 100 grammes de
matière sèche en fonction

-88-

de la concentration d'un cation par litre de sauto : $y = f(x)$

élément analysé	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution								
		K - Ca		Ca - Mg		Mg - K				
		moy σ a y = ax + b	σb	moy σ a y = ax + b	σb	moy σ a y = ax + b	σb			
		f. de K		f. de Ca		f. de Mg				
NO3	42	230,9 0,21	$2,18x + 189$	5	218,2 0,21	$-1,87x + 258$	8	251,2 0,42	$0,21x + 246$	11
	36	210,4 0,83	$4,27x + 132$	17	231,6 0,21	$-1,87x + 265$	5	242,2 0,42	$-0,62x + 252$	7
	30	222,5 1,25	$0,42x + 227$	18	233,9 0,42	$-2,08x + 265$	8	237,4 0,62	$-2,08x + 269$	8
	24	238,5 0,42	$2,71x + 207$	5	213,1 0,62	$-1,04x + 267$	11	217,0 0,62	$-1,67x + 232$	8
	moy.		$2,40x + 189$			$-1,72x + 264$			$-1,04x + 250$	
SO4		f. de K		f. de Ca		f. de Mg				
	42	165,7 0,42	$-0,83x + 185$	14	184,7 0,42	$-0,62x + 196$	13	177,8 0,21	$1,25x + 153$	6
	36	182,3 0,62	$-0,21x + 183$	10	177,8 0,62	$-0,42x + 186$	12	179,7 0,62	$0,42x + 171$	12
	30	181,9 0,42	$-0,62x + 189$	5	181,2 0,83	$-0,21x + 184$	10	172,4 1,27	$1,25x + 155$	22
	24	172,7 0,62	$-1,25x + 158$	5	164,2 1,25	$-1,87x + 192$	18	170,4 0,42	$1,46x + 158$	7
moy.		$-0,73x + 179$			$-0,78x + 190$			$1,10x + 159$		
PO4		f. de K		f. de Ca		f. de Mg				
	42	37,1 0,12	$0,04x + 36$	3	47,9 0,08	$-0,62x + 61$	4	48,0 0,21	$-0,62x + 24$	4
	36	43,9 0,21	$-0,21x + 47$	7	42,4 0,42	$-0,62x + 52$	6	41,8 0,42	$1,42x + 33$	8
	30	43,3 0,42	$-0,42x + 50$	7	45,3 0,62	$-0,42x + 52$	9	42,3 0,42	$0,42x + 36$	8
	24	44,3 0,06	$0,83x + 34$	1	38,5 1,46	$-0,42x + 46$	13	42,5 0,42	$0,62x + 49$	4
moy.		$0,06x + 42$			$-0,52x + 53$			$0,52x + 36$		
K		f. de K		f. de Mg		f. de K				
	42	158,3 0,42	$6,87x + 14$	14	97,0 0,42	$2,71x + 42$	10	212,2 0,21	$4,37x + 122$	7
	36	157,9 0,42	$1,29x + 29$	9	134,4 0,42	$2,92x + 82$	9	169,4 0,62	$4,17x + 95$	12
	30	154,0 1,87	$4,58x + 85$	31	166,1 0,42	$3,96x + 107$	8	134,9 0,62	$3,33x + 85$	10
	24	146,2 0,62	$8,54x + 44$	8	184,5 0,83	$3,12x + 156$	15	125,6 0,62	$4,37x + 61$	8
moy.		$6,82x + 43$			$3,18x + 97$			$4,06x + 91$		
Ca		f. de Ca		f. de Ca		f. de K				
	42	231,3 1,04	$10,62x + 10$	31	258,6 1,25	$9,58x + 60$	32	65,7 0,21	$-1,25x + 92$	7
	36	221,4 1,25	$11,87x + 8$	24	225,3 1,67	$10,21x + 102$	37	164,7 0,42	$-0,83x + 178$	11
	30	206,5 1,25	$14,37x - 9$	18	194,9 1,46	$13,33x - 5$	21	244,1 1,25	$-2,92x + 289$	12
	24	193,5 0,83	$16,46x - 32$	12	179,6 3,75	$6,25x + 86$	57	299,0 0,83	$-1,87x + 328$	19
moy.		$11,33x - 6$			$9,84x + 61$			$-1,72x + 122$		
Mg		f. de K		f. de Mg		f. de Mg				
	42	54,2 0,21	$-0,21x + 61$	6	127,7 0,62	$3,74x + 43$	15	123,9 0,42	$6,04x - 3$	9
	36	74,0 0,42	$-0,83x + 90$	7	112,8 0,62	$5,21x + 19$	13	110,0 0,42	$5,0x + 20$	9
	30	104,6 0,42	$0,42x + 99$	8	98,9 0,91	$5,21x + 20$	4	95,4 1,04	$6,04x + 5$	10
	24	165,5 0,62	$0,83x + 131$	6	60,1 0,42	$4,79x + 17$	6	94,8 0,42	$5,0x + 32$	6
moy.		$0,05x + 95$			$4,69x + 25$			$5,52x + 14$		

10. feuille
Pétrole

Tableau 22

(g) en mg

Equations exprimant les teneurs ~~ioniques~~ sur 100 grammes de
matière sèche en fonction

- 89 -

de la concentration d'un cation par litre de sauto $y = f(x)$

N° de l'analyse	valeur maxi- mum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution											
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K			
		moy	a	y = ax + b	rb	moy	a	y = ax + b	rb	moy	a	y = ax + b	rb
N03		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	125,7	0,21	$0,62x + 112$	6	133,0	0,42	$-0,42x + 142$	13	139,4	0,21	$-0,04x + 139$	5
	36	130,4	0,42	$0,42x + 121$	17	126,4	1,46	$-1,04x + 146$	9	126,8	0,21	$0,08x + 127$	5
	30	135,9	0,62	$-0,83x + 147$	12	128,5	0,42	$-0,62x + 137$	5	126,7	0,21	$-0,04x + 127$	5
	24	125,7	0,83	$0,83x + 116$	8	127,6	0,42	$-0,62x + 221$	3	129,7	1,25	$1,46x + 109$	18
	moy.			$0,26x + 124$				$-0,68x + 162$				$0,37x + 126$	
S04		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	28,0	0,21	$-0,62x + 39$	6	29,7	0,21	$0,21x + 24$	6	26,9	0,15	$0,04x + 27$	4
	36	23,4	0,42	$-0,008x + 23$	8	24,2	0,21	$0,21x + 19$	6	18,2	0,15	$0,21x + 14$	2
	30	25,7	0,21	$-0,42x + 31$	5	23,9	0,42	$0,42x + 18$	7	25,2	0,42	$0,21x + 21$	6
	24	24,0	0,83	$-0,62x + 32$	8	22,6	0,42	$-0,002x + 23$	7	27,1	0,42	$0,21x + 24$	7
	moy.			$-0,42x + 31$				$0,21x + 21$				$0,17x + 22$	
P04		f. de K				f. de Ca				f. de Mg			
	42	17,9	0,13	$0,21x + 12$	3	22,0	0,13	$-0,42x + 31$	3	28,1	0,10	$0,21x + 23$	3
	36	21,9	0,29	$0,21x + 18$	2	20,5	0,21	$-0,62x + 32$	5	20,9	0,17	$0,21x + 17$	3
	30	20,7	0,15	$0,21x + 17$	4	22,8	0,29	$-0,62x + 32$	5	19,3	0,29	$0,02x + 19$	4
	24	22,6	0,62	$1,04x + 10$	6	19,2	0,13	$-0,42x + 82$	2	18,0	0,08	$0,21x + 16$	1
	moy.			$0,42x + 14$				$-0,52x + 44$				$0,16x + 19$	
K		f. de K				f. de Mg				f. de K			
	42	228,2	0,21	$6,04x + 115$	5	163,0	0,62	$3,12x + 98$	16	278,3	0,83	$2,92x + 218$	23
	36	222,1	0,83	$6,46x + 106$	17	208,4	0,83	$2,08x + 171$	18	233,5	1,04	$3,75x + 166$	22
	30	227,6	0,83	$8,96x + 93$	12	256,9	0,62	$4,58x + 188$	10	217,6	0,83	$4,37x + 151$	11
	24	224,0	3,33	$10,62x + 99$	34	264,4	0,62	$2,50x + 142$	10	204,5	1,25	$8,24x + 77$	21
	moy.			$8,02x + 103$				$3,07x + 150$				$4,90x + 153$	
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K			
	42	69,2	0,42	$3,96x - 13$	13	69,2	0,62	$2,71x + 12$	6	21,5	0,04	$0,08x + 20$	1
	36	55,9	0,21	$2,92x + 3$	5	52,5	0,06	$2,71x + 4$	1	34,2	0,13	$0,29x + 29$	3
	30	47,1	0,42	$3,12x + 0$	5	46,3	0,21	$3,12x + 0$	4	56,1	0,21	$0,23x + 53$	4
	24	37,7	0,42	$2,92x + 3$	4	52,9	0,42	$3,75x - 3$	6	78,5	0,62	$0,73x + 67$	10
	moy.			$3,23x - 2$				$3,07x + 3$				$0,33x + 42$	
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg			
	42	40,1	0,21	$-1,67x + 75$	6	102,7	0,62	$1,25x + 75$	18	47,3	0,21	$2,50x - 5$	17
	36	47,2	0,42	$-2,08x + 85$	10	59,9	0,29	$0,42x + 54$	7	57,1	0,83	$3,75x - 11$	16
	30	65,6	1,04	$-4,58x + 134$	17	41,1	0,35	$- + 41$	5	64,6	1,46	$4,79x - 7$	19
	24	75,7	1,25	$-7,08x + 170$	12	26,0	0,62	$1,25x + 14$	11	54,6	1,25	$5,83x + 2$	17
	moy.			$-3,85x + 116$				$0,73x + 46$				$4,22x - 5$	

Fragment de tige

de la concentration d'un cation par litre de sa solution $y = f(x)$

élément analysé	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution													
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K					
		moy	σ	a	$y = ax + b$	σb	moy	σ	a	$y = ax + b$	σb	moy	σ	a	$y = ax + b$
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	24,0	0,08	$0,21x + 20$	2,3	24,5	0,01	$-0,25x + 29$	0,4	27,6	0,13	$0,10x + 25$	3,3		
	36	23,5	0,10	$0,15x + 21$	2,1	24,6	0,17	$-0,35x + 31$	3,3	23,8	0,10	$0,15x + 21$	2,0		
	30	23,3	0,13	$0,02x + 24$	1,9	25,0	0,75	$-0,13x + 27$	3,7	25,1	0,19	$-0,04x + 26$	2,7		
	24	25,7	0,29	$0,23x + 23$	2,9	25,9	0,10	$0,29x + 23$	1,9	25,9	0,13	$-0,29x + 29$	1,8		
	moy.			$0,15x + 22$				$-0,11x + 28$				$-0,02x + 25$			
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	3,4	0,01	$0,04x + 3$	0,5	3,3	0,02	$-0,04x + 4$	0,7	4,2	0,02	$0,04x + 4$	0,4		
	36	3,5	0,02	$0,01x + 4$	0,6	3,6	0,02	$-0,04x + 4$	0,4	3,4	0,04	$0,02x + 3$	0,7		
	30	3,8	0,02	$0,04x + 3$	0,6	4,1	0,02	$-0,02x + 4$	0,5	3,6	0,04	$-0,04x + 4$	0,7		
	24	3,7	0,04	$0,08x + 3$	0,3	3,8	0,02	$-0,04x + 4$	0,2	3,5	0,02	$0,02x + 4$	0,3		
	moy.			$0,04x + 3$				$-0,04x + 4$				$0,01x + 4$			
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg					
	42	7,2	0,06	$0,01x + 7$	1,7	6,6	0,04	$-0,08x + 8$	1,3	9,2	0,01	$0,01x + 9$	0,3		
	36	8,4	0,06	$0,17x + 5$	1,2	8,1	0,10	$-0,10x + 10$	2,3	7,9	0,08	$-0,02x + 8$	1,5		
	30	8,3	0,04	$0,08x + 7$	0,5	8,5	0,06	$-0,02x + 9$	0,9	7,6	0,15	$-0,13x + 10$	2,0		
	24	7,5	0,15	$0,29x + 4$	1,4	8,1	0,06	$-0,15x + 10$	0,9	7,3	0,10	$-0,04x + 8$	1,4		
	moy.			$0,14x + 6$				$-0,09x + 9$				$-0,05x + 9$			
K		f. de K				f. de Mg				f. de K					
	42	12,6	0,10	$0,50x + 2$	2,8	5,9	0,04	$0,15x + 3$	1,1	15,2	0,10	$0,25x + 10$	2,5		
	36	11,5	0,10	$0,48x + 3$	1,9	10,0	0,06	$0,10x + 8$	1,2	10,9	0,08	$0,31x + 5$	1,7		
	30	10,6	0,02	$0,56x + 2$	0,4	13,3	0,08	$0,10x + 12$	1,4	10,8	0,13	$0,48x + 4$	1,9		
	24	9,8	0,10	$0,75x + 1$	0,9	14,4	0,17	$0,06x + 14$	0,8	10,2	0,06	$0,50x + 3$	0,8		
	moy.			$0,57x + 2$				$0,10x + 9$				$0,39x + 6$			
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K					
	42	7,7	0,02	$0,17x + 4$	0,4	5,8	0,02	$0,23x + 1$	0,5	4,3	0,02	$0,08x + 3$	0,7		
	36	6,5	0,02	$0,10x + 5$	0,2	6,0	0,02	$0,25x + 2$	0,6	5,2	0,08	$0,10x + 3$	0,4		
	30	5,7	0,03	$0,04x + 5$	0,4	6,2	0,02	$0,23x + 3$	0,2	6,0	0,10	$0,15x + 4$	0,5		
	24	4,5	0,04	$0,04x + 4$	0,5	7,6	0,13	$0,35x + 2$	2,0	8,5	0,08	$0,29x + 4$	1,1		
	moy.			$0,09x + 5$				$0,27x + 2$							
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg					
	42	3,1	0,02	$0,08x + 1$	0,6	5,1	0,02	$0,19x + 1$	0,7	5,9		$0,08x + 4$			
	36	4,1	0,04	$0,04x + 3$	0,4	4,1	0,02	$0,17x + 1$	0,6	4,3		$0,10x + 3$			
	30	4,5	0,04	$0,02x + 4$	0,6	4,2	0,04	$0,13x + 3$	0,6	4,3		$0,10x + 3$			
	24	5,1	0,15	$0,08x + 4$	1,4	3,5	0,02	$0,19x + 2$	0,3	3,1		$0,17x + 2$			
	moy.			$0,06x + 3$				$0,17x + 2$				$0,11x + 3$			

30. feuille
sofel

Tableau 24

(8) en mg

-91-

Equations exprimant les teneurs en mg sur 100 grammes de
matière fraîche en fonction

de la concentration d'un cation par litre de sa solution $y = f(x)$

élément analysé	valeur maximum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution												
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K				
		moy	a	y = ax + b	b	moy	a	y = ax + b	b	moy	a	y = ax + b	b	
NO3		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	32,0	0,04	$-0,23x + 32$	1,2	35,3	0,08	$0,19x + 31$	4,1	3,03	0,04	$0,08x + 28$	1,1	
	36	32,3	0,06	$-0,37x + 39$	1,4	32,8	0,04	$0,08x + 31$	0,9	3,10	0,06	$0,23x + 27$	1,2	
	30	33,2	0,08	$-0,33x + 38$	1,2	32,1	0,02	$0,08x + 31$	0,2	3,38	0,08	$0,21x + 31$	1,6	
	24	32,2	0,21	$-0,44x + 39$	4,2	31,0	0,13	$0,15x + 29$	1,8	3,41	0,06	$0,17x + 32$	0,8	
	moy.			$-0,34x + 38$				$0,13x + 31$				$0,20x + 30$		
SO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	14,6	0,02	$-0,19x + 19$	0,6	18,8	0,23	$0,25x + 13$	6,0	1,54	0,08	$0,17x + 12$	2,4	
	36	18,5	0,23	$-0,56x + 29$	5,0	16,8	0,08	$-0,06x + 18$	1,6	1,49	0,17	$0,13x + 13$	1,1	
	30	15,9	0,02	$-0,15x + 18$	0,2	16,5	0,10	$-0,08x + 18$	1,4	1,61	0,10	$0,13x + 14$	1,4	
	24	16,7	0,25	$-0,10x + 16$	9,3	13,9	0,08	$-0,17x + 16$	1,2	1,51	0,08	$0,29x + 13$	1,1	
	moy.							$-0,02x + 16$				$0,18x + 13$		
PO4		f. de K				f. de Ca				f. de Mg				
	42	6,2	0,02	$-0,02x + 7$	0,8	7,3	0,04	$-0,04x + 8$	1,2	7,3	0,04	$0,10x + 5$	0,9	
	36	6,9	0,02	$-0,008x + 7$	0,4	6,7	0,04	$-0,06x + 8$	0,7	6,8	0,04	$0,06x + 6$	0,7	
	30	6,9	0,08	$-0,02x + 7$	1,2	6,8	0,06	$0,004x + 7$	0,8	6,5	0,06	$0,04x + 6$	1,0	
	24	6,3	0,08	$-0,04x + 6$	0,9	6,2	0,04	$-0,10x + 8$	0,4	6,6		$0,10x + 6$	0,1	
	moy.			$-0,02x + 7$				$-0,05x + 8$				$0,08x + 6$		
K		f. de K				f. de Mg				f. de K				
	42	25,6	0,10	$0,77x + 9$	9,7	12,7	0,08	$0,29x + 8$	9,5	29,4	0,06	$0,52x + 19$	1,9	
	36	23,2	0,13	$0,92x + 7$	9,5	21,8	0,13	$0,21x + 18$	2,8	24,1	0,08	$0,69x + 12$	1,8	
	30	21,7	0,10	$1,23x + 3$	1,5	25,7	0,06	$0,21x + 23$	0,8	21,4	0,10	$0,98x + 7$	1,5	
	24	20,4	0,19	$1,35x + 4$	1,6	29,2	0,19	$0,21x + 28$	9,7	20,5	0,15	$1,02x + 5$	2,3	
	moy.			$1,07x + 6$				$0,23x + 19$				$0,80x + 11$		
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K				
	42	26,6	0,04	$1,21x - 4$	1,2	26,5	0,13	$1,10x + 3$	3,2	6,2	0,02	$-0,15x + 9$	0,05	
	36	21,7	0,13	$1,35x - 3$	2,3	20,6	0,06	$1,06x + 2$	1,8	13,5	0,06	$-0,21x + 17$	1,3	
	30	17,9	0,10	$1,42x - 3$	1,4	17,1	0,10	$1,15x$	1,6	21,2	0,15	$-0,37x + 27$	2,1	
	24	15,4	0,13	$1,52x - 3$	1,1	14,9	0,13	$0,27x + 2$	1,8	26,9	0,10	$-0,46x + 34$	1,4	
	moy.			$1,38x - 3$				$1,15x + 2$				$-0,30x + 22$		
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg				
	42	7,4	0,02	$-0,15x + 11$	0,5	18,6	0,13	$0,52x + 11$	4,0	14,2	0,17	$0,67x$	1,5	
	36	10,1	0,10	$-0,27x + 15$	2,3	12,8	0,10	$0,48x + 4$	4,1	12,8	0,19	$0,73x$	3,7	
	30	12,7	0,15	$-0,25x + 17$	2,0	10,4	0,04	$0,37x + 5$	0,7	11,9	0,15	$0,65x - 2$	2,1	
	24	15,6	0,29	$-0,42x + 21$	2,9	7,2	0,08	$0,50x + 3$	1,2	8,8	0,10	$0,75x + 2$	1,6	
	moy.			$-0,27x + 16$				$0,47x + 6$				$0,70x$		

102. feuille

limbes + pétioles

Tableau 25

(g) en moy

-92-

Equations exprimant les teneurs en pourcentage sur 100 grammes de matière sèche en fonction

de la concentration d'un cation par litre de sa solution $y = f(x)$

N°	valeur maxi- mum de x	Couple d'éléments dont la concentration varie dans la solution														
		K - Ca				Ca - Mg				Mg - K						
		moy	σ	a	$y = ax + b$	σ	b	moy	σ	a	$y = ax + b$	σ	b			
N03		f. de K				f. de Ca				f. de Mg						
	42	30,6	0,06	0,10	$x + 28$	1,9	29,6	0,08	-0,06	$x + 31$	2,4	30,7	0,13	0,08	$x + 29$	2,9
	36	29,0	0,10	0,02	$x + 29$	2,1	29,5	0,04	0	$+ 30$	1,3	30,2	0,04	0	$+ 30$	1,0
	30	29,6	0,06	0,10	$x + 28$	0,9	29,9	0,10	-0,02	$x + 31$	1,5	30,6	0,06	-0,31	$x + 35$	0,9
	24	30,2	0,21	0,08	$x + 29$	2,0	31,0	0,21	-0,08	$x + 32$	3,2	24,8	0,02	0,04	$x + 28$	0,1
	moy.			0,08	$x + 29$				-0,4	$x + 31$				-0,05	$x + 31$	
S04		f. de K				f. de Ca				f. de Mg						
	42	18,8	0,04	-0,61	$x + 31$	1,0	20,9	0,06	0,04	$x + 20$	1,6	18,0	0,08	0,19	$x + 14$	2,2
	36	19,2	0,06	-0,19	$x + 23$	1,5	19,1	0,04	0,13	$x + 17$	0,9	18,7	0,15	0,08	$x + 17$	0,7
	30	19,3	0,02	-0,21	$x + 22$	0,5	19,5	0,06	0,10	$x + 18$	1,0	18,9	0,17	0,08	$x + 18$	2,5
	24	18,5	0	0,04	$x + 19$	0	17,0	0,08	-0,17	$x + 19$	1,2	18,8	0,13	0,27	$x + 16$	1,8
	moy.			-0,24	$x + 19$				0,03	$x + 19$				0,16	$x + 16$	
P04		f. de K				f. de Ca				f. de Mg						
	42	4,8	0,04	-0,01	$x + 5$	0,4	6,1	0,02	-0,08	$x + 8$	0,7	5,9	0,02	0,13	$x + 3$	0,8
	36	5,5	0,04	-0,06	$x + 7$	0,5	5,2	0,04	-0,04	$x + 6$	0,7	5,2	0,04	0,06	$x + 4$	0,7
	30	5,3	0,04	-0,06	$x + 6$	0,5	5,7	0,06	-0,04	$x + 6$	1,0	5,3	0,06	0,02	$x + 5$	0,9
	24	5,5	0,13	0,10	$x + 4$	1,1	4,7	0,08	-0,06	$x + 6$	0,3	5,3	0,02	0,10	$x + 4$	0,3
	moy.			-0,01	$x + 6$				-0,06	$x + 7$				0,08	$x + 4$	
K		f. de K				f. de Mg				f. de K						
	42	29,5	0,25	0,71	$x + 14$	7,0	18,3	0,08	0,42	$x + 10$	2,4	33,6	0,08	0,50	$x + 23$	2,3
	36	26,1	0,06	0,27	$x + 10$	1,3	25,4	0,17	-0,06	$x + 27$	3,7	28,2	0,25	0,58	$x + 18$	1,8
	30	26,3	0,08	1,08	$x + 10$	1,5	29,4	0,06	0,27	$x + 25$	1,0	24,8	0,06	0,67	$x + 15$	1,0
	24	25,6	0,13	1,33	$x + 10$	1,3	31,6	0,10	0,29	$x + 29$	1,5	23,3	0,06	0,77	$x + 12$	1,0
	moy.			1,00	$x + 11$				0,23	$x + 23$				0,63	$x + 17$	
Ca		f. de Ca				f. de Ca				f. de K						
	42	28,5	0,08	1,42	$x - 1$	2,3	31,0	0,08	1,29	$x + 4$	2,4	7,3	0,04	-0,15	$x + 10$	1,2
	36	25,6	0,10	1,48	$x - 1$	2,3	27,8	0,35	1,17	$x + 7$	7,1	19,9	0,29	-0,25	$x + 24$	6,2
	30	23,2	0,04	1,71	$x - 3$	0,7	22,4	0,10	1,60	$x - 2$	1,4	27,8	0,10	-0,19	$x + 31$	1,4
	24	21,8	1,04	1,81	x	11,8	20,3	0,10	1,29	$x + 1$	1,7	34,7	0,17	-0,33	$x + 40$	2,4
	moy.			1,61	$x - 1$				1,34	$x + 3$				-0,23	$x + 26$	
Mg		f. de K				f. de Mg				f. de Mg						
	42	7,7	0,02	-0,19	$x + 12$	0,5	18,6	0,04	0,60	$x + 6$	1,1	14,5	0,10	0,77	$x - 2$	2,8
	36	9,8	0,02	-0,25	$x + 14$	0,6	14,0	0,04	0,42	$x + 7$	1,1	13,8	0,06	0,71	$x + 1$	1,3
	30	13,6	0,04	-0,25	$x + 17$	0,5	11,9	0,02	0,48	$x + 5$	0,3	12,9	0,08	0,69	$x + 3$	1,2
	24	17,9	0,06	-0,29	$x + 21$	0,6	7,2	0,10	0,50	$x + 3$	1,4	8,9	0,06	0,77	$x + 2$	1,2
	moy.			-0,25	$x + 16$				0,50	$x + 5$				0,74	$x + 1$	

b. Corrélation, droites et plans de régression.

1. Les droites de régression. (tableaux 10 à 25)

On a procédé, pour les organes considérés séparément, de la même façon que pour la partie aérienne considérée dans son ensemble. Cela revient à dire que la justification de la régression linéaire se fait par l'examen des graphiques non reproduits ici pour ne pas surcharger le travail (cf p. 35). Les droites de régression ont été établies sur quatre parallèles à chacun des côtés du triangle expérimental. Cela revient donc à mettre en rapport les teneurs internes anioniques ou cationiques avec les proportions relatives de deux cations au sein de leur somme constante, le troisième cation et les anions étant bien entendu constants dans le milieu extérieur. Les équations exprimant ces relations figurent aux tableaux 10 à 25.

Trois séries différentes de relations méritent d'être prises en considération :

1° les relations entre la teneur en potassium, calcium et magnésium dans les différents organes de la plante en fonction du potassium, calcium ou magnésium dans le milieu extérieur lorsque l'élément dosé dans la plante figure dans le couple de cations soumis à variation au cours de l'expérience. Ce sont les équations entourées d'un cadre dans les tableaux 10 à 25.

2° les relations entre la teneur en potassium, calcium ou magnésium dans les différents organes de la plante en fonction du potassium, calcium ou magnésium dans le milieu

extérieur lorsque l'élément dosé dans la plante ne figure pas dans le couple de cations soumis à variation.

3° les relations entre la teneur en azote, soufre, phosphore dans les différents organes de la plante en fonction du potassium, calcium et magnésium du milieu extérieur qui en sont les seules variables.

Envisageons le premier groupe de relations. Dans leur ensemble, les organes considérés séparément se comportent, à première vue, comme la plante entière, en ce sens que les teneurs cationiques dans la plante sont proportionnelles aux concentrations du milieu extérieur, tous les coefficients de ces équations étant statistiquement valables à l'exception des graines, où soixante-trois pour-cent seulement sont valables.

Dans le deuxième groupe de relations, il faut constater que bon nombre de coefficients angulaires des droites de régression ne sont pas valables. Les proportions de ces coefficients valables sur l'ensemble des coefficients établis figurent au tableau 26.

Tableau 26

Pourcentage des coefficients angulaires valables sur l'ensemble des coefficients établis. *pour le deuxième et le troisième groupe d'équations.*

Organes	teneurs cationiques internes		teneurs anioniques internes	
	sur sec	sur frais	sur sec	sur frais
total aérien	8		22	
graines	17		33	
total végétatif	41		22	
tige	41		33	
fragment de tige	50	33	33	30
feuilles (limbe + pétiole) <i>Total</i>	50		49	
[limbe	50		29	
[pétiole	33		53	
3e. feuille (limbe + pétiole) <i>Total</i>	50	50	39	39
[limbe	50		47	
[pétiole	66		47	
10e. feuille (limbe + pétiole) <i>Total</i>	58	50	50	50
[limbe	58		39	
[pétiole	83		22	

On constate que huit pour-cent seulement des équations de régression sont valables pour la partie aérienne, c'est-à-dire, qu'à de faibles exceptions près, on peut dire que la teneur de la partie aérienne pour un cation donné est peu influencée par les proportions relatives d'autres cations dans le milieu extérieur.

Par contre, si on considère le pourcentage de coefficients valables au sein des divers organes de la plante, on constate que celui-ci est partout plus élevé que le pourcentage relatif à la partie aérienne. On peut donc dire que, dans un bon nombre de cas, la teneur en un élément donné peut être influencée par les proportions relatives des deux autres cations dans le milieu extérieur.

Envisageons le troisième groupe, c'est-à-dire la relation entre l'azote, le soufre, le phosphore dans la plante en fonction des cations soumis à variation dans le milieu extérieur. En ce qui concerne la plante entière, vingt-deux pour-cent des coefficients de régression sont valables, on peut en conclure, que c'est dans une faible mesure, que les teneurs en azote, soufre, phosphore dans la partie aérienne de la plante sont influencées par les proportions relatives dans le milieu extérieur.

Par contre, si l'on envisage les organes séparément, l'on constate, comme pour les cations dans le deuxième groupe étudié, que les pourcentages des coefficients valables s'élèvent considérablement. Il apparaît que les teneurs en azote, soufre, phosphore de certains organes, et tout particulièrement des pétioles sont influencées par les

proportions relatives de potassium, calcium ou magnésium, dans le milieu extérieur.

Ceci est à mettre vraisemblablement en relation avec la constitution des différents organes. On pourrait comprendre, en effet, que dans des organes où domine la chlorophylle, une relation existe entre azote et magnésium, ces deux éléments étant associés dans la synthèse de la chlorophylle. Des relations de ce genre seraient, sans doute, variables d'un organe à l'autre et l'absence de relation semble indiquer un équilibre plus simple entre la composition chimique interne et la composition du milieu.

Si l'on envisage les groupes d'équations de régression correspondant aux quatre parallèles aux côtés du triangle expérimental, pour les différents organes il faut remarquer que les coefficients angulaires sont moins réguliers au sein de chaque groupe qu'ils ne l'étaient pour la partie aérienne. Toutefois, une indication générale semble ressortir de l'examen de ces équations en faveur d'une régression multiple. Les équations des plans de régression ont été calculées dans tous les cas.

2. Les plans de régression tableaux 28 à 45

Un premier examen du tableau 27 montre que le coefficient de corrélation multiple (R) est significatif dans tous les cas pour les cations.

Pour la référence à la matière sèche, sur les treize catégories d'organes envisagés séparément, les coefficients de

corrélations multiples sont variables dans sept cas pour l'azote, dans dix pour le soufre, dans onze cas pour le phosphore. Quant aux teneurs rapportées à la matière fraîche, deux cas sur neuf sont affectés d'un coefficient non valable. Les considérations des coefficients des régressions partielles conduisent aux constatations suivantes :

1er cas. Dans certains plans, aucune régression partielle n'est statistiquement valable. Dans ce cas, aucune conclusion ne pourrait être tirée. Ceci ne se rencontre que pour l'azote pour la troisième feuille (limbe et total) et pour le soufre dans le pétiole de la troisième feuille et dans le limbe de la dixième feuille dans le cas de la référence à la matière sèche et pour la référence à la matière fraîche, dans le cas de l'azote pour la dixième feuille et du soufre dans le fragment de tige.

2e cas. Une régression partielle est valable, l'autre ne l'étant pas. Cela signifie que la grandeur étudiée dépend de la proportion d'un élément au sein du groupe des cations et par conséquent, puisque les variations se font au sein d'une somme constante, cette grandeur dépend également de la proportion globale des deux autres cations, en d'autres termes du rapport d'un élément à la somme des deux autres.

Dans ce cas, les plans sont valablement inclinés par rapport à un des sommets du triangle.

3e cas. Certains plans présentent des régressions partielles pour les deux éléments qui caractérisent le couple. Cela signifie que le troisième élément influence le plan et que ce plan s'incline par rapport à deux sommets du triangle expérimental.

Dans ce cas, la somme des teneurs dépend des proportions relatives des trois cations du milieu.

Tableau n° 27

Coefficient de corrélation multiple (R) et coefficients des régressions partielles ($b'y_{1.2}$ et $b'y_{2.1}$) pour les cations envisagés.

R significatif pour $p = 0,01$ si $R > 0,620$
 $p = 0,05$ si $R > 0,520$
 b' significatif pour $p = 0,05$ si $b' > 2,0,3$

$b'y_{1.2} = b'y_{x.K}$
 $b'y_{2.1} = b'y_{x.Mg}$ pour NO_3, SO_4, PO_4 et K.
 $b'y_{1.2} = b'y_{x.Ca}$
 $b'y_{2.1} = b'y_{x.Mg}$ pour Ca et Mg

Eléments	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	NO3	SO4	PO4	Tot. +	K	Ca	Mg	Tot. -	Tot. + et -
Total ^{arrien} général sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,680 0,570 3,730	0,746 1,210 4,690	0,696 1,595 4,178	0,703 0,948 4,094	0,943 11,710 3,000	0,981 19,840 2,360	0,922 0,192 2,052	0,434 1,310 2,090	0,290 0,030 0,080
Graines sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,729 2,065 2,563	0,671 2,532 1,200	0,599 2,725 2,931		0,874 4,490 1,349	0,877 4,566 3,244	0,888 5,420 2,550		
Total vé gétatif sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,730 3,510 4,360	0,741 1,090 3,460	0,724 2,340 4,580		0,943 11,800 3,100	0,971 16,520 3,020	0,929 0,800 2,700		
Tige entière sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,554 1,510 2,900	0,674 0,310 3,500	0,572 2,096 2,967		0,802 4,056 0,860	0,814 3,540 2,459	0,952 4,300 8,900		
Bout de tige sur sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,604 1,660 3,300	0,614 2,461 3,267	0,806 4,926 5,570		0,891 8,407 2,890	0,862 3,390 3,970	0,883 2,784 5,184		
Restes feuilles sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,607 2,231 3,262	0,808 2,610 3,280	0,633 1,485 3,560		0,973 11,758 4,330	0,978 18,950 3,640	0,946 1,740 11,700		
Restes limbes sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,652 2,730 3,604	0,776 2,301 2,981	0,693 1,246 4,077		0,785 5,230 1,080	0,989 25,830 5,682	0,903 0,922 7,328		
Restes pétioles sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,477 1,348 2,360	0,698 1,367 4,210	0,810 4,353 5,813		0,988 26,600 5,850	0,948 2,730 2,180	0,948 3,116 12,590		
3e feuille sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,629 2,002 1,460	0,606 0,500 2,000	0,721 2,515 4,529		0,957 15,500 4,360	0,984 22,500 3,680	0,937 1,540 10,700		
3e feuille- le-limbe sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,324 0,709 0,600	0,571 0,240 2,710	0,720 2,120 4,500		0,949 19,310 6,500	0,944 11,200 2,100	0,936 0,300 10,100		
3e feuille- le-pétiole sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,555 2,900 1,600	0,103 0,233 0,478	0,898 7,670 7,790		0,946 12,066 2,800	0,974 21,140 0,590	0,936 3,850 7,870		
10e feuille- le sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,882 7,259 6,884	0,727 2,285 1,100	0,790 0,112 4,885		0,949 13,030 5,000	0,965 14,440 2,040	0,962 3,070 14,430		
10e feuille- le-limbe sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,897 6,344 6,013	0,636 1,660 1,915	0,769 0,430 4,800		0,959 21,360 2,320	0,972 16,360 1,880	0,951 0,626 13,855		
10e feuille- le-pétiole sur-sec	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,450 1,150 2,100	0,045 2,150 1,300	0,808 3,254 5,986		0,935 36,130 15,490	0,978 16,730 1,170	0,860 4,990 7,040		
Total arrien général Calcul affranchi sur frais	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,647 3,290 0,230	0,874 5,600 1,900	0,721 4,900 2,000		0,978 19,000 2,600	0,980 20,000 3,500	0,926 2,500 10,300		
Bout de tige sur frais	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,528 2,100 2,550	0,402 1,800 1,570	0,733 4,400 3,690		0,918 9,156 1,050	0,921 5,100 5,300	0,914 3,500 6,800		
3e feuille- le sur frais	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,690 8,100 3,600	0,894 8,660 4,950	0,694 0,180 3,500		0,941 11,600 2,900	0,985 20,000 4,000	0,929 2,800 10,400		
10e feuille- le sur frais	R $b'y_{1.2}$ $b'y_{2.1}$	0,396 1,571 1,695	0,791 6,097 1,210	0,738 1,360 3,260		0,930 10,700 3,485	0,971 16,300 2,500	0,883 2,400 8,800		

Total général aérien.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-gramme pour cent gramme de matière *fraîche* - ~~tranche~~ en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de moles.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén	Equations
NO ₃	129,5	0,21 K + <u>1,21</u> Mg + <u>108</u> 0,35 0,33 10
SO ₄	56,6	0,23 K + <u>0,79</u> Mg + <u>43</u> 0,19 0,17 5
PO ₄	28,7	0,21 K + <u>0,52</u> Mg + <u>17</u> 0,12 0,12 4
Total cations	214,8	0,65 K + <u>2,52</u> Mg + <u>168</u> 0,42 0,39 12
K	76,2	<u>4,37</u> K + <u>1,06</u> Mg + 11 0,37 0,35 10
Ca	69,5	<u>3,27</u> Ca + <u>0,35</u> Mg + <u>10</u> 0,17 0,15 4
Mg	53,8	<u>3,16</u> Mg + 0,06 Ca + 4 0,35 0,37 4
Total +	199,5	<u>4,37</u> K + <u>3,33</u> Ca + <u>4,57</u> Mg + <u>25</u> 0,37 0,41 0,52 12 0,90K + <u>1,30</u> Mg + <u>175</u> 0,64 0,62 19
Total	414,3	<u>5,02</u> K + <u>3,33</u> Ca + <u>7,09</u> Mg + <u>193</u> 0,56 0,41 0,65 16 1,52K + <u>3,90</u> Mg + <u>330</u> 3,08 2,86 86

Tableau 29

Coton - Graines.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-gramme pour cent gramme de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de urure par litre de sol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén	Equations
NO ₃	241,0	$- \frac{0,60}{0,08} K + \frac{0,71}{0,08} Mg + \frac{240}{3}$
SO ₄	5,5	$\frac{0,06}{0,02} K - \frac{0,02}{0,02} Mg + \frac{5,0}{0,5}$
PO ₄	38,5	$\frac{0,25}{0,08} K + \frac{0,25}{0,08} Mg + \frac{30,4}{3}$
Total	285,0	$- \frac{0,29}{0,11} K + \frac{0,94}{0,11} Mg + \frac{276,4}{4}$
K	25,4	$\frac{0,17}{0,04} K - \frac{0,04}{0,04} Mg + \frac{23}{1}$
Ca	3,4	$\frac{0,06}{0,01} Ca - \frac{0,04}{0,01} Mg + \frac{3,1}{1}$
Mg	20,6	$\frac{0,08}{0,04} Mg - \frac{0,19}{0,03} Ca + \frac{22,5}{1}$
Total	49,4	$\frac{0,17K}{0,04} - \frac{0,13Ca}{0,03} + \frac{48,6}{2}$ $0,30K + 0,13Mg + 35,6$
Total + et -	334,4	$- \frac{0,12K}{0,12} - \frac{0,13Ca}{0,03} + \frac{0,4Mg}{0,11} + \frac{335,0}{4}$ $0,01K + 1,07Mg + 312,6$

Total végétatif aérien à la récolte.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén.	Equations
NO ₃	106,4	$\frac{1,33}{0,37} K + \frac{1,52}{0,35} Mg + \frac{63}{10}$
SO ₄	68,2	$- 0,25 K + \frac{0,69}{0,23} Mg + \frac{62}{6}$
PO ₄	26,2	$\frac{0,31}{0,15} K + \frac{0,58}{0,12} Mg + \frac{12,2}{4}$
Total -	200,8	$\frac{1,39}{0,46} K + \frac{2,79}{0,44} Mg + \frac{137,2}{12}$
K	85,3	$\frac{4,81}{0,42} K + \frac{1,19}{0,42} Mg - 12$
Ca	86,6	$\frac{4,81}{0,29} Ca + \frac{0,81}{0,27} Mg - 4,5$
Mg	61,5	$\frac{3,87}{0,87} Mg + 0,37 Ca - 3,8$
Total +	233,4	$\frac{4,81K}{0,42} + \frac{5,18Ca}{0,84} + \frac{5,87Mg}{1,00} - 20,3$ $= -0,37K + 0,69Mg + \frac{229}{20}$
Total + et -	434,2	$\frac{6,20K}{0,62} + \frac{5,18Ca}{0,84} + \frac{8,66Mg}{1,09} + \frac{116,9}{22}$ $= 1,02K + \frac{2,48Mg}{1,4} + \frac{366}{22}$

Tableau 31

Tige entière

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén.	Equations
NO ₃	72,0	$0,65 K + \frac{1,25}{0,83} Mg + \frac{44}{0,42} \frac{11}{11}$
SO ₄	22,0	$0,04 K + \frac{0,33}{0,10} Mg + \frac{16}{0,08} \frac{3}{3}$
PO ₄	24,0	$\frac{0,27}{0,12} K + \frac{0,35}{0,12} Mg + \frac{10}{3}$
Total =	118,0	$0,96 K + \frac{1,93}{0,84} Mg + \frac{70}{0,44} \frac{12}{12}$
K	51,0	$\frac{2,04}{0,44} K + 0,40 Mg + \frac{12}{0,42} \frac{12}{12}$
Ca	24,0	$\frac{0,42}{0,12} Ca - \frac{0,27}{0,10} Mg + \frac{21}{7}$
Mg		
Mg	23,0	$\frac{0,96}{0,12} Mg - \frac{0,50}{0,10} Ca + \frac{17}{3}$
Total +	98,0	$\frac{2,04K}{0,44} - 0,08Ca + \frac{1,02Mg}{0,45} + \frac{50}{14}$ $= \frac{2,12K}{0,53} + 1,17Mg + \frac{46}{14}$
Total + et -	216,0	$\frac{3,00K}{0,95} - 0,08Ca + \frac{3,02Mg}{0,87} + \frac{120}{18}$ $= \frac{3,08K}{1,00} + \frac{3,10Mg}{1,00} + \frac{116}{18}$

Tableau 32

Fragment de tige.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-grammes pour cent gramme de matière sèche - ~~Exemple~~ en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs;

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	62,0	$0,42 \text{ K} + \frac{0,92}{0,42} \text{ Mg} + \frac{35}{2}$
SO ₄	9,0	$\frac{0,10}{0,04} \text{ K} + \frac{0,15}{0,04} \text{ Mg} + \frac{5}{1}$
PO ₄	19,0	$\frac{0,37}{0,08} \text{ K} + \frac{0,40}{0,06} \text{ Mg} - \frac{3}{2}$
Total	90,0	$0,89 \text{ K} + 1,47 \text{ Mg} + \frac{37}{3}$
K	28,0	$\frac{1,46}{0,21} \text{ K} + \frac{0,42}{0,21} \text{ Mg} - \frac{2}{5}$
Ca	15,0	$\frac{0,25}{0,06} \text{ Ca} - \frac{0,29}{0,06} \text{ Mg} + \frac{15}{2}$
Mg	11,0	$\frac{0,33}{0,06} \text{ Mg} - \frac{0,19}{0,06} \text{ Ca} + \frac{9}{2}$
Total +	54,0	$\frac{1,46}{0,21} \text{ K} + \frac{0,06}{0,08} \text{ Ca} + \frac{0,46}{0,23} \text{ Mg} + \frac{22}{6}$ $= \frac{1,40}{0,23} \text{ K} + \frac{0,40}{0,24} \text{ Mg} + \frac{25}{6}$
Total + et -	144,0	$\frac{2,35}{0,48} \text{ K} + \frac{0,06}{0,08} \text{ Ca} + \frac{1,93}{0,49} \text{ Mg} + \frac{59}{7}$ $= \frac{2,29}{0,50} \text{ K} + \frac{1,87}{0,50} \text{ Mg} + \frac{62}{7}$

Feuilles à la récolte et feuilles mortes en cours de végétation.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-grammes pour cent gramme de matière sèche- ~~xxxxxxx~~ en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén.	Equations
NO3	142,0	$0,83 \text{ K} + \frac{1,25}{0,42} \text{ Mg} + \frac{107}{0,42}$
SO4	119,0	$- \frac{0,62}{0,21} \text{ K} + \frac{0,83}{0,21} \text{ Mg} + \frac{118}{7}$
PO4	32,0	$0,21 \text{ K} + \frac{0,62}{0,21} \text{ Mg} + \frac{28}{5}$
Total	293,0	$0,42 \text{ K} + \frac{2,70}{0,51} \text{ Mg} + \frac{253}{14}$
K	120,0	$\frac{7,92}{0,42} \text{ K} + \frac{1,67}{0,42} \text{ Mg} - \frac{36}{12}$
Ca	157,0	$\frac{9,37}{0,21} \text{ Ca} + \frac{1,67}{0,21} \text{ Mg} - \frac{21}{10}$
Mg	103,0	$\frac{6,67}{0,62} \text{ Mg} + \frac{1,04}{0,62} \text{ Ca} - \frac{16}{17}$
Total +	380,0	$\frac{7,92 \text{ K} + 10,41 \text{ Ca} + 10,01 \text{ Mg} - 73}{0,42 \quad 0,65 \quad 0,78} = \frac{-73}{23}$
		$\frac{-2,49 \text{ K} - 0,40 \text{ Mg} + 427}{0,90 \quad 1,10 \quad 24}$
Total + et	673,0	$\frac{8,34 \text{ K} + 10,41 \text{ Ca} + 12,71 \text{ Mg} + 180}{0,66 \quad 0,65 \quad 0,93} = \frac{180}{27}$
		$= \frac{-2,07 \text{ K} + 3,40 \text{ Mg} + 680}{1,0 \quad 1,10 \quad 27}$

Limbes des feuilles à la récolte et des feuilles mortes
en cours de végétation.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milligrammes pour cent grammes de matière sèche - Fractions en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de urée par litre de sol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	156,0	$\frac{1,04}{0,42} K + \frac{1,46}{0,42} Mg + \frac{116}{11}$
SO ₄	142,0	$- \frac{0,62}{0,21} K + \frac{0,83}{0,21} Mg + \frac{140}{8}$
PO ₄	36,0	$0,21 K + \frac{0,62}{0,21} Mg + \frac{22}{5}$
Total -	334,0	$0,63 K + \frac{2,91}{0,51} Mg + \frac{278}{14}$
K	116,0	$\frac{7,92}{1,46} K + 2,08 Mg - 45$ 40
Ca	182,0	$\frac{11,25}{0,42} Ca + \frac{1,67}{0,42} Mg - \frac{32}{11}$
Mg	110,0	$\frac{5,83}{0,83} Mg + 0,83 Ca + 6$ 24
Total +	408,0	$\frac{7,92K}{1,46} + \frac{12,08Ca}{0,93} + \frac{9,58Mg}{1,73} - 76$ 48 $= \frac{-4,10K}{1,80} + \frac{2,43Mg}{2,00} + \frac{504}{49}$
Total + et -	742,0	$\frac{8,55K}{1,55} + \frac{12,08Ca}{0,93} + \frac{12,49Mg}{1,51} + \frac{202}{50}$ $= - \frac{3,53K}{1,85} + \frac{0,41Mg}{2,00} + \frac{782}{52}$

Tableau 35

Pétiolés des feuilles à la récolte et des feuilles mortes
en cours de végétation.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	102,0	0,62 K + <u>0,83</u> Mg + <u>78</u> 0,42 0,42 11
SO ₄	45,0	0,21 K + <u>0,83</u> Mg + <u>28</u> 0,21 0,21 5
PO ₄	22,0	<u>0,42</u> K + <u>0,62</u> Mg + 4 0,12 0,10 3
Total	169,0	<u>1,25</u> K + <u>2,28</u> Mg + <u>110</u> 0,48 0,48 12
K	129,0	<u>6,46</u> K + <u>1,25</u> Mg + 1 0,21 0,21 7
Ca	72,0	<u>2,92</u> Ca - <u>0,62</u> Mg + <u>35</u> 0,21 0,21 7
Mg	79,0	<u>4,79</u> Mg + <u>1,46</u> Ca - 18 0,42 0,42 11
Total + et -	280,0	<u>6,46</u> K + <u>4,38</u> Ca + <u>5,42</u> Mg + 18 0,21 0,47 0,51 15
Total		= <u>2,08</u> K + <u>1,04</u> Mg + <u>228</u> 0,60 0,70 16
Total + et -	449,0	<u>7,71</u> K + <u>4,38</u> Ca + <u>7,70</u> Mg + <u>128</u> 0,52 0,47 0,70 19
		<u>3,33</u> K + <u>3,32</u> Mg + <u>338</u> 0,70 0,90 20

3e feuille à partir du sommet.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - ~~fraîche~~ en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	202,0	$- 0,42 \text{ K} + 0,21 \text{ Mg} + \underline{203}$ 0,21 0,21 4
SO ₄	98,0	$- 0,21 \text{ K} + \underline{0,62} \text{ Mg} + \underline{93}$ 0,21 0,21 12
PO ₄	42,0	$\underline{0,42} \text{ K} + \underline{0,62} \text{ Mg} + \underline{23}$ 0,12 0,10 3
Total	342,0	$- 0,21 \text{ K} + \underline{1,45} \text{ Mg} + \underline{319}$ 0,32 0,31 13
K	147,0	$\underline{6,87} \text{ K} + \underline{1,87} \text{ Mg} + \underline{5}$ 0,42 0,42 13
Ca	112,0	$\underline{6,87} \text{ Ca} + \underline{1,04} \text{ Mg} - \underline{18}$ 0,21 0,21 8
Mg	75,0	$\underline{3,96} \text{ Mg} + 0,62 \text{ Ca} + 5$ 0,42 0,42 11
Total Total	334,0	$\underline{6,87K} + \underline{7,49Ca} + \underline{6,87Mg} = 8$ 0,42 0,47 0,63 19 $= 0,62K - 0,62Mg + 741$
Total + et -	676,0	$\underline{6,66K} + \underline{7,49Ca} + \underline{8,32Mg} + \underline{311}$ 0,53 0,47 0,70 23 $= 0,83K + 0,83Mg + 1060$

Tableau 37

Limbe de la 3e feuille à partir du sommet.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milligrammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de saole.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	226,0	$- 0,42 K + 0,62 Mg + \frac{227}{9}$ 0,62 0,62
SO ₄	127,0	$0,10 K + \frac{1,04}{11} Mg + \frac{109}{11}$ 0,42 0,42
PO ₄	48,0	$0,21 K + \frac{0,62}{3} Mg + \frac{34}{3}$ 0,12 0,12
Total	401,0	$- 11 K + \frac{2,28}{0,76} Mg + \frac{370}{15}$
K	129,0	$\frac{6,25}{0,42} K + \frac{1,87}{0,42} Mg - 2$ 0,42 0,42 13
Ca	135,0	$\frac{7,71}{0,62} Ca + \frac{1,25}{0,62} Mg - 19$ 0,62 0,62 18
Mg	83,0	$\frac{4,17}{0,42} Mg + \frac{0,12}{0,42} Ca + 16$ 0,42 0,42 12
Total + 0	347,0	$\frac{6,25K}{0,42} + \frac{7,83Ca}{0,75} + \frac{7,2Mg}{0,83} - 5$ - 1,53K - 0,54Mg + $\frac{371}{26}$ 0,90 1,5
Total + et -	748,0	$\frac{6,14K}{0,87} + \frac{7,83Ca}{0,75} + \frac{9,57Mg}{1,13} + \frac{365}{29}$ - 0,69 + 2,26Mg + $\frac{741}{30}$ 1,2 1,4

Pétiole de la 3e feuille à partir du sommet.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén.	Equations
NO ₃	137,0	$\frac{0,62}{0,21} K + \frac{0,42}{0,21} Mg + \frac{120}{7}$
SO ₄	19,0	$\frac{0,02}{0,17} K + \frac{0,06}{0,15} Mg + \frac{18}{4}$
PO ₄	29,0	$\frac{0,62}{0,08} K + \frac{0,62}{0,06} Mg + \frac{11}{2}$
Total	185,0	$\frac{1,26}{0,28} K + \frac{1,10}{0,26} Mg + \frac{149}{8}$
K	196,0	$\frac{6,87}{0,62} K + \frac{1,67}{0,62} Mg + \frac{43}{17}$
Ca	45,0	$\frac{2,92}{0,12} Ca + \frac{0,08}{0,12} Mg - \frac{4}{4}$
Mg	56,0	$\frac{3,33}{0,42} Mg + \frac{1,67}{0,42} Ca - \frac{23}{12}$
Total +	297,0	$\frac{6,87K + 4,59Ca + 5,08Mg + 16}{0,62 \quad 0,44 \quad 0,76 \quad 21}$ $= \frac{2,28K + 0,41Mg + 236}{0,80 \quad 0,90 \quad 22}$
Total + et =	482,0	$\frac{8,13K + 4,59Ca + 6,18Mg + 165}{0,68 \quad 0,44 \quad 0,80 \quad 22}$ $= \frac{3,54K + 1,59Mg + 385}{0,85 \quad 0,90 \quad 23}$

10e feuille à partir de la base.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent gramme de matière sèche - ~~proche~~ en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO3	199,0	$\frac{1,46}{0,21} K + \frac{1,25}{0,21} Mg + \frac{157}{5}$
SO4	126,0	$-\frac{0,62}{0,21} K + \frac{0,21}{0,21} Mg + \frac{134}{6}$
PO4	36,0	$\frac{0,02}{0,12} K + \frac{0,42}{0,10} Mg + \frac{28}{3}$
Total	361,0	$\frac{0,86}{0,32} K + \frac{1,88}{0,31} Mg + \frac{319}{8}$
K	181,0	$\frac{6,67}{0,42} K + \frac{2,29}{0,42} Mg + \frac{37}{14}$
Ca	155,0	$\frac{9,17}{0,62} Ca + \frac{1,25}{0,62} Mg - \frac{14}{17}$
Mg	87,0	$\frac{4,58}{0,42} Mg + \frac{1,04}{0,21} Ca + \frac{0,5}{9}$
Total ++	423,0	$\frac{6,67K}{0,42} + \frac{10,21Ca}{0,65} + \frac{8,12Mg}{0,80} + \frac{235}{24}$ $= \frac{3,54K}{0,80} - \frac{2,09Mg}{1,00} + \frac{513,5}{25}$
Total + et -	784,0	$\frac{7,53K}{0,53} + \frac{10,21Ca}{0,65} + \frac{10,0Mg}{0,88} + \frac{342,5}{25}$ $= \frac{-2,68K}{0,90} - \frac{0,21Mg}{1,20} + \frac{832,5}{26}$

Limbe de la 10 e feuille à partir de la base.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	234,0	$\frac{2,08}{0,42} K + \frac{1,46}{0,21} Mg + \frac{178}{8}$
SO ₄	176,0	$- \frac{0,42}{0,21} K + \frac{0,62}{0,21} Mg + \frac{176}{8}$
PO ₄	36,0	$- \frac{0,06}{0,12} K + \frac{0,62}{0,10} Mg + \frac{36}{3}$
Total	446,0	$\frac{1,60}{0,49} K + \frac{2,70}{0,31} Mg + \frac{390}{12}$
K	155,0	$\frac{2,08}{0,42} K + \frac{2,92}{0,21} Mg - 5$
Ca	201,0	$\frac{11,87}{0,62} Ca + \frac{1,25}{0,62} Mg - 12$
Mg	96,0	$\frac{5,0}{0,42} Mg + \frac{0,21}{0,42} Ca + 14$
Total	452,0	$\frac{7,08K + 12,08Ca + 9,17Mg}{0,42 \quad 0,75 \quad 0,78} = -3$
Total	452,0	$= - \frac{5,00K + 2,91Mg + 577}{0,9 \quad 1,10 \quad 22}$
Total + et -	898,0	$\frac{8,68K + 12,08Ca + 11,87Mg + 387}{0,64 \quad 0,75 \quad 0,83 \quad 24}$
		$= - \frac{3,40K + 0,21Mg + 967}{1,00 \quad 1,50 \quad 25}$

Pétiole de la 10e feuille à partir de la base.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent grammes de matière sèche - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations
NO ₃	130,0	0,21 K + 0,42 Mg + <u>118</u> 0,21 0,21 6
SO ₄	25,0	- 0,42 K - 0,21 Mg + <u>34</u> 0,21 0,21 4
PO ₄	21,0	<u>0,29</u> K + <u>0,50</u> Mg + <u>9</u> 0,08 0,08 2
Total	176,0	0,08 K + <u>0,71</u> Mg + <u>161</u> 0,31 0,31 7
K	226,0	<u>6,46</u> K + <u>2,50</u> Mg + <u>81</u> 0,62 0,62 15
Ca	53,0	<u>3,12</u> Ca - 0,21 Mg + 3 0,21 0,21 5
Mg	57,0	<u>3,33</u> Mg + <u>2,50</u> Ca - 3,5 0,42 0,42 14
Total +	336,0	<u>6,46K</u> + <u>5,62Ca</u> + <u>5,62Mg</u> + <u>80,5</u> 0,62 0,47 0,73 21 = 0,84K + <u>642,5</u> 0,60 21
Total + et -	512,0	<u>6,54K</u> + <u>5,62Ca</u> + <u>6,33Mg</u> + <u>241,5</u> 0,62 0,47 0,73 22 0,92K + 0,71Mg + <u>803,5</u> 0,70 0,31 22

Tableau 42

Total général aérien.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-grammes pour cent grammes de matière ~~fraîche~~ ~~fraîche~~ en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de saol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy.gén	Equations			
NO ₃	47,2	- <u>0,67</u> K - <u>0,04</u> Mg + <u>58,8</u>			
		0,21	0,19	5	
SO ₄	20,4	- <u>0,21</u> K + 0,06 Mg + <u>22,8</u>			
		0,04	0,04	1	
PO ₄	10,4	- <u>0,08</u> K + 0,06 Mg + <u>11</u>			
		0,04	0,04	1	
Total	78,0	- <u>0,96</u> K + 0,08 Mg + <u>92,6</u>			
-		0,22	0,20	5	
K	26,4	<u>1,12</u> K + <u>0,15</u> Mg + <u>5,7</u>			
		0,06	0,06	2	
Ca	26,7	<u>1,62</u> Ca + <u>0,27</u> Mg - <u>4,1</u>			
		0,08	0,08	2	
Mg	19,3	<u>1,12</u> Mg + 0,29 Ca - 0,3			
		0,10	0,25	7	
Total	72,4	<u>1,12</u> K + <u>1,91</u> Ca + <u>1,54</u> Mg + 1,3			
+		0,06	0,26	0,14	8
Total	150,4	0,16 K + <u>1,91</u> Ca + <u>1,62</u> Mg + <u>93,9</u>			
+ et -		0,23	0,26	0,15	9

Tableau 43

Fragment de tige.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliequivalents-grammes pour cent gramme de matière ~~sèche~~ fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de urée par litre de sol.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén.	Equations
NO ₃	25,0	$0,17 K + \frac{0,19}{0,08} Mg + \frac{19,5}{0,06 \cdot 2}$
SO ₄	3,6	$0,02 K + 0,02 Mg + \frac{3}{0,15 \cdot 1}$
PO ₄	7,8	$\frac{0,12}{0,02} K + \frac{0,10}{0,02} Mg + \frac{4,2}{1}$
Total	36,4	$0,31 K + 0,31 Mg + \frac{26,7}{0,17 \cdot 0,16 \cdot 2}$
K	11,3	$\frac{0,48}{0,06} K + 0,04 Mg + \frac{2,5}{0,04 \cdot 1}$
Ca	6,2	$\frac{0,12}{0,02} Ca - \frac{0,12}{0,02} Mg + \frac{6,0}{1}$
Mg	4,3	$\frac{0,10}{0,02} Mg - \frac{0,06}{0,01} Ca + \frac{3,6}{1}$
Total + +	21,8	$\frac{0,48K + 0,06Ca + 0,02Mg + 12,1}{0,06 \cdot 0,02 \cdot 0,05 \cdot 2} + 32,1$ $\frac{0,42K - 0,04Mg + 15,1}{0,07 \cdot 0,06 \cdot 2}$
Total + et -	58,2	$\frac{0,73K + 0,06Ca + 0,33Mg + 38,8}{0,18 \cdot 0,02 \cdot 0,17 \cdot 3}$ $\frac{0,73K + 0,27Mg + 41,8}{0,18 \cdot 0,26 \cdot 3}$

Tableau 44

3e feuille à partir du sommet.

Equations exprimant les teneurs (y) en un élément en milliéquivalents-grammes pour cent gramme de matière ~~sèche~~ - fraîche en fonction de la concentration cationique en K, Ca ou Mg, cations apportés sous forme de fumure par litre de sable.

Les valeurs en italiques figurant sous les coefficients et sous les termes constants des équations sont les déviations standard respectives de ces valeurs.

Elément	Moy. gén	Equations
NO ₃	32,5	$- \frac{0,31}{0,04} K - \frac{0,12}{0,04} Mg + \frac{39,4}{1}$
SO ₄	15,7	$- \frac{0,23}{0,02} K - \frac{0,12}{0,02} Mg + \frac{21,3}{1}$
PO ₄	6,8	$0 K + \frac{0,04}{0,01} Mg + \frac{6,1}{1}$
Total	55,0	$- \frac{0,54}{0,05} K - \frac{0,20}{0,05} Mg + \frac{66,8}{2}$
K	23,1	$\frac{0,92}{0,08} K - \frac{0,21}{0,08} Mg + \frac{4,8}{2}$
Ca	18,6	$\frac{1,29}{0,06} Ca + \frac{0,23}{0,04} Mg - \frac{5,9}{2}$
Mg	12,1	$\frac{0,67}{0,06} Mg - \frac{0,19}{0,06} Ca - \frac{1,1}{4}$
Total + Total	53,8	$\frac{0,92}{0,08} K + \frac{1,10}{0,08} Ca + \frac{1,11}{0,11} Mg - \frac{2,2}{5}$ = 1,11K + 0,01Mg + 107,8
Total + et -	108,8	$\frac{0,38}{0,09} K + \frac{1,10}{0,08} Ca + \frac{0,11}{0,12} Mg + \frac{64,6}{4}$ = 0,72K - 0,1Mg + 174,6

Envisageons séparément les divers éléments dosés, tout en rappelant les réserves émises précédemment au sujet des valeurs limites que peuvent atteindre les teneurs.

A. L'azote.

1. La teneur en azote dépend des proportions relatives des trois cations dans le milieu extérieur dans les cas suivants :

a; dans la partie végétative où cette influence se marque par des variations de 63 à 136 ;

b. dans les feuilles entières où cette influence se marque par des variations de 107 à 167 ;

c. dans l'ensemble des limbes où cette influence se marque par des variations de 116 à 136 ;

d. dans la dixième feuille où cette influence se marque par des variations de 157 à 227 ;

e. dans le limbe de la dixième feuille où cette influence se marque par des variations de 178 à 278 ;

f. la troisième feuille, non variable sur sec, l'est quand la teneur en azote est rapportée à la matière fraîche, elle varie de 24 à 39.

2. La teneur en azote dépend d'autre part, du rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ du milieu nutritif dans les cas suivants :

a. le total aérien où les teneurs varient de 108 à 166 ;

b. la tige et le fragment de tige où les teneurs varient de 44 à 104 pour la première, de 35 à 79 pour le second, Sur matière fraîche, la teneur en azote de la tige oscille entre 20 et 29 ;

c. les pétioles où les teneurs varient entre 78 et 118 ;

3. La teneur en azote dépend du rapport $\frac{K}{Mg + Ca}$ dans le pétiole de la troisième feuille avec des limites de variation de 120 à 150.

4. La teneur en azote dépend du rapport $\frac{Ca}{K + Mg}$ dans les graines où cette influence se marque par des variations très peu étendues entre 211 et 240.

5. La teneur en soufre dépend du rapport $\frac{K}{Mg + Ca}$ dans les graines, où les variations sont de 5 à 8.

B. Le soufre.

1. La teneur en soufre dépend de la concentration des proportions relatives des trois cations présents dans le milieu extérieur.

a. le fragment de tige où les limites sont respectivement 5 et 12 ;

b. dans les troisième et dixième feuilles où les teneurs, exprimées sur matière fraîche, varient entre 10 et 21 pour la troisième, entre 14 et 23 pour la dixième.

2. La teneur en soufre dépend du rapport $\frac{K}{Mg + Ca}$ dans la graine où cette influence se marque par des variations faibles de 5 à 8.

3. La teneur en soufre dépend du rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ dans les cas suivants :

a. la partie aérienne, graines comprises, où les limites de variation sont de 43 et 81 ;

b. la partie végétative aérienne avec des limites de 50 et 95 ;

c. la tige avec des limites de variation de 16 et 32 ;

d. l'ensemble des pétioles où les teneurs varient entre 28 et 68 ;

e. la troisième feuille avec des variations de 83 à 123 ;

f. les limbes des troisième et dixième feuilles où les teneurs varient respectivement entre 109 et 159 d'une part et 156 et 206 d'autre part.

4. La teneur en soufre dépend du rapport $\frac{Ca}{Mg + K}$ dans les feuilles et les limbes, où les variations sont de 88 à 158 et de 110 à 180, et le limbe de la dixième feuille dont les teneurs varient entre 104 et 144.

C. Le phosphore.

1. La teneur en phosphore dépend de la concentration des proportions relatives des trois cations présents dans le milieu extérieur dans :

a. les graines où cette influence se marque par des variations entre 30 et 42 ;

b. la tige et le fragment de tige, avec des variations limites de 10 à 23 et de 0 à 15. Dans le cas de la référence à la matière fraîche, le fragment de

tige varie, dans ce même groupe, entre 4 et 10 ;

c. l'ensemble des pétioles et deux de la troisième et de la dixième feuille, où les limites sont respectivement 4 à 34, 11 à 41, 9 à 23 ;

d. la troisième feuille dont les limites sont 23 et 53.

2. La teneur en phosphore dépend, d'autre part, du rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ dans :

a. le total aérien, graines comprises, où cette influence se marque par des variations de 17 à 42 ;

b. le total végétatif aérien, où les variations se font entre 12 et 40 ;

c. l'ensemble des feuilles et la dixième feuille, dont les teneurs extrêmes sont 28 et 58 d'une part et 28 et 48 d'autre part ;

d. les limbes et ceux des troisième et dixième feuille où les variations s'étendent respectivement entre 22 et 52, 34 et 64, 33 et 66 ;

e. les troisième et dixième feuilles, quand les teneurs sont rapportées à la matière fraîche avec des variations entre 4 et 8.

D. Le total des éléments anioniques.

1. Le total des éléments anioniques dépend des proportions relatives des trois cations avec :

a. le total végétatif où les variations des teneurs s'échelonnent entre 137 et 271 ;

b. les pétioles avec des limites de 110 à 220 ;

c. la dixième feuille dans son ensemble et dans son limbe avec des limites respectives de 319 à 409 et 390 à 520 ;

d. le fragment de tige, pour les teneurs exprimées sur frais, varie entre 27 et 42

2. Le total des éléments anioniques dépend du rapport

$\frac{\text{Ca}}{\text{K} + \text{Mg}}$ dans les graines avec des limites de 261 à 320.

3. Le total des éléments anioniques dépend du rapport

$\frac{\text{Mg}}{\text{K} + \text{Ca}}$ dans les cas suivants :

a. le total aérien, graines comprises, où les variations s'échelonnent de 168 à 289 ;

b. la tige et le fragment de tige avec des variations respectives de 70 à 163 et de 37 à 107 ;

c. les feuilles et les limbes avec des limites respectives de 253 à 383 de 278 à 418 ;

d. la troisième feuille et son limbe avec des variations s'échelonnant respectivement entre 309 et 389 ; 370 et 470 ;

e. le pétiole de la dixième feuille où les limites sont de 161 à 195.

E. Le potassium.

1. Les teneurs en potassium dépendent des trois cations présents dans le milieu extérieur dans les cas suivants :

a. total aérien, graines comprises, et le total aérien végétatif où les teneurs varient respectivement de 11 à 221, et de 0 à 219 ;

b. les feuilles et leurs pétioles avec des limites de variation de 0 à 344 et de 1 à 311 ;

c. la troisième feuille, son limbe, son pétiole où les teneurs varient respectivement de 5 à 335, de 0 à 298, de 43 à 173, et pour les teneurs rapportées à la matière fraîche de 5 à 45 pour l'ensemble de la feuille ;

d. la dixième feuille, son limbe, son pétiole avec des limites de 37 à 357, de 0 à 321, de 81 à 391, et pour les teneurs rapportées à la matière fraîche, de 49 à 60 pour l'ensemble de la feuille.

2. Les teneurs en potassium dépendent du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$

a. dans les graines où les teneurs fluctuent entre 23 et 31 ;

b. les tiges et les fragments de tiges où les teneurs varient de 12 à 110 et de 0 à 68, et sur frais, dans le dernier cas, de 3 à 26 ;

c. dans les limbes où les teneurs subissent des variations de 0 à 135.

F. Le calcium.

1. La teneur en calcium dépend des proportions relatives des trois cations présents dans le milieu extérieur dans les cas suivants :

a. le total aérien, graines comprises, et le total végétatif, les teneurs fluctuent respectivement de 10 à 167 et de 0 à 345 ;

b. les graines avec des limites de variation de 1 à 6 ;

c. la tige et le fragment de tige avec des teneurs

variables de 8 à 41 et de 1 à 27 ;

d. l'ensemble des feuilles, leurs limbes, leurs pétioles, avec des limites respectives de 0 à 429, de 0 à 503 et de 5 à 175 ;

e. la troisième feuille et son limbe où les teneurs varient de 0 à 312 et de 0 à 351 ;

f. les organes où les teneurs sont rapportées à la matière fraîche avec des limites de 0 à 12 pour le fragment de tige, de 0 à 56 pour la troisième feuille et de 0 à 68 pour la dixième feuille.

2. La teneur en calcium dépend du rapport $\frac{Ca}{K + Mg}$ dans les organes suivants :

a. pétioles de la troisième feuille où les limites atteignent 0 et 136 ;

b. la dixième feuille, son limbe et son pétiole, où les teneurs fluctuent respectivement de 0 à 416, de 0 à 558 et de 3 à 153.

Ces teneurs sont très peu variables.

6. Le magnésium.

1. La teneur en magnésium dépend des proportions relatives des trois cations présents dans le milieu extérieur dans les cas suivants :

a. les graines, les teneurs varient de 14 à 27 ;

b. la tige, le fragment de tige, les pétioles, avec des variations fluctuant entre 0 et 63 pour la tige, 0 et 25 pour le fragment de tige, 0 et 212 pour l'ensemble des pétioles, 0 et 137 pour le pétiole de la troisième feuille, 0 et 117 pour le pétiole de la dixième feuille ;

c. les organes où les teneurs sont rapportées à la matière fraîche avec des limites de 1 à 9 pour la tige, 0 à 31 pour la troisième feuille, 0 à 29 pour la dixième feuille.

2. La teneur en magnésium dépend du rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ dans les organes suivants :

a. le total aérien, graines comprises, le total végétatif, où les limites de variation sont de 4 à 156 et de 0 à 182 ;

b. les feuilles et la troisième et la dixième feuilles avec des limites de variation respectives de 0 à 304, de 5 à 195, de 1 à 221 ;

c. l'ensemble des limbes et ceux de la troisième et de la dixième feuilles, où les teneurs fluctuent respectivement de 6 à 46, de 16 à 216 et de 14 à 254.

A. Les sommes des teneurs cationiques.

Ces sommes sont très peu variables.

1. Elles dépendent des concentrations en cations du milieu extérieur pour les feuilles et le limbe des troisième et dixième feuilles variant ainsi entre des limites respectives de 304 à 504, de 295 à 371, de 337 à 577.

2. Elles dépendent du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$

a. dans les tiges, fragment de tige et pétioles, où les limites respectives sont 46 à 148, 25 à 52, 228 à 328 ;

b. les pétioles des troisième et dixième feuilles avec des limites de 236 à 346 et 351 à 391 (ce dernier cas étant peu significatif).

3. Elles dépendent du rapport $\frac{Ca}{K + Mg}$
- a. dans les limbes avec des limites de 304 et 504 ;
 - b. dans les troisième et dixième feuilles avec des limites de 322 à 352 (pas significatif), 344 à 514, et dans les mêmes organes, pour les teneurs rapportées à la matière fraîche, avec des limites respectives de 31 à 51 (pas significatif), 46 à 86 ;
 - c. dans le fragment de tige rapporté à la matière fraîche où la somme des teneurs varie entre 13 et 35.
4. Elles dépendent du rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$
- a. dans le total, graines comprises, et le total végétatif, avec des limites de 188 à 235, 366 à 533 ;
 - b. dans les graines, la somme des teneurs est peu variable, les limites sont 311 à 362.

I. Les sommes totales des éléments dosés.

Ces totaux sont également peu variables.

1. Elles dépendent des trois cations du milieu extérieur dans les organes suivants :
- a. dans la tige, fragment de tige et pétioles où les limites respectives sont 366 à 533, 116 à 265 et 338 à 498 ;
 - b. dans la dixième feuille, son limbe et sur les teneurs exprimées en matière fraîche avec des limites respectives de 344 à 514, 337 à 577, 46 à 86.
2. Elles dépendent du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ dans le pétiole de la troisième feuille, avec des limites de 385 à 556.
3. Elles dépendent du rapport $\frac{Ca}{K + Mg}$ dans la troisième

feuille quand les teneurs sont exprimées sur matière fraîche avec des limites de 79 à 118.

4. Elles dépendent enfin du rapport $\frac{Mg}{K + Ca}$ dans les organes suivants :

a. dans le total aérien, graines comprises, les graines, le total végétatif, les feuilles, avec des limites respectives de 330 à 518, 311 à 362, 366 à 533, 580 à 790 ;

b. dans la troisième feuille et son limbe, et dans le pétiole de la dixième feuille avec des limites de 322 à 352 (peu significatif) 295 à 371, 351 à 391 (peu significatif)

Quelques cas aberrants se présentent toutefois, (deux cas sur les 96 étudiés quant à la teneur rapportée à la matière sèche). ^{Cette} Les équations ^{qui} expriment le magnésium dans la tige, le potassium dans les feuilles, ^{la} le calcium et le magnésium dans la troisième feuille (quand les teneurs sont exprimées sur la matière fraîche).

Dans ces cas, la limite inférieure semble négative, ce qui serait évidemment absurde, mais il faut remarquer que dans ces cas, ou bien la signification est faible, ou un des résultats se rapportant à un point voisin de l'un ou l'autre sommet du triangle est particulièrement aberrant, sans que l'on ait osé, pour cela, le négliger dans la régression.

Il faut donc admettre, malgré la signification certaine de la valeur négative dans ces quelques cas, que la limite inférieure est zéro.

On remarquera que les limites, entre lesquelles les teneurs

peuvent varier, différent suivant l'élément et l'organe étudié. Cette étendue, exprimée en pour-cent de la moyenne, figure dans le tableau 46.

Les valeurs qui y figurent sont à mettre en rapport avec les valeurs du tableau 8, elles confirment ce qui a été dit précédemment sur l'étendue de la variation des traitements et les compensations qui se produisent entre éléments, surtout entre éléments cationiques. Les compensations semblent moins nettes en tige, elles sont particulièrement bien indiquées en feuilles et dans la partie végétative.

Organe										
Total aérien	79	77	245	175	227	120	77			
graines										
végétatif										
tige										
fragment de tige										
feuilles	42	39	93	45	207	273	235	52	52	
[limbes	45	42	83	42	200	270	260	40	26	
pétioles	39	30	130	65	240	235	260	36	36	
5e. feuille	15	41	48	23	225	273	294	9	12	
[limbes	18	40	53	25	251	260	240	22	34	
pétioles	22	17	10	33	191	302	240	37	34	
10e feuille	35	38	36	23	177	275	254	40	17	
[limbes	43	28	92	29	216	270	250	53	20	
pétioles	16	80	67	19	150	209	205	12	9	
fragment de tige	38	83	77	41	243	194	105	100	60	
5e feuille	46	70	29	47	173	300	254	37	36	
10e feuille	13	47	79	20	156	290	221	63	24	

Tableau 46

Ecart entre les limites des teneurs, exprimé en pour-cent de la moyenne des teneurs.

n°	Organe	Groupement chimique dosé.								
		N03	S04	P04	$\Sigma -$	K	Ca	Mg	$\Sigma +$	$\Sigma + \text{ et } -$
aérien	TOTAL aérin	45	67	87	57	276	226	282	24	45
	graines	12	55	31	21	32	147	63	28	15
	végétatif	69	66	107	67	257	399	296	22	38
	[tige	83	73	54	79	192	138	275	104	69
	fragment de tige	71	77	79	77	243	173	227	120	77
	feuilles	42	59	93	45	287	273	295	32	32
	[limbes	45	49	83	42	289	276	364	49	26
	pétioles	39	90	136	65	240	235	268	36	36
	3e. feuille	15	41	48	23	225	279	254	9	12
	[limbes	18	40	63	25	231	260	240	22	34
	pétioles	22	17	10	33	191	302	244	37	34
	10e feuille	35	32	56	25	177	275	254	40	17
	[limbes	43	28	92	29	216	278	250	53	20
	pétioles	16	80	67	19	138	289	205	12	9
frui.	Fragment de tige	36	83	77	41	203	194	186	100	60
	3e feuille	46	70	29	47	173	300	256	37	36
	10e feuille	13	47	79	20	156	290	221	63	34

c. Proportions centésimales du total anionique ou cationique

1.

Proportions anioniques.

Figures.

Les graphiques qui les représentent n'ont pas été annexés pour ne pas surcharger le travail. Nous nous bornerons à faire remarquer que la zone délimitée par les points représentatifs de ces rapports internes dans le triangle expérimental est peu étendue. Ceci peut être déduit également de l'étude du tableau 47 qui donne les limites de ces rapports, calculées à partir des équations des plans de régression. Dans l'étude de ces limites, il ne faut pas oublier de tenir compte des réserves émises précédemment quant à l'extrapolation des fonctions linéaires à la valeur zéro.

50. Feuille	55 à 64	27 à 29	7 à 12
{ limbes	53 à 61	30 à 34	9 à 13
{ pétioles	70 à 80	9 à 12	6 à 20
100. Feuille	49 à 63	29 à 42	8 à 12
{ limbes	46 à 59	34 à 45	7 à 12
{ pétioles	71 à 77	9 à 21	6 à 17

Tableau 47

Valeurs limites des proportions centésimales
des anions au sein de leur total.

Organe	Elément dosé		
	NO ₃	SO ₄	PO ₄
total aérien	55 à 65	25 à 28	10 à 17
graines	82 à 86	2 à 3	13 à 15
total végétatif	46 à 62	25 à 45	9 à 15
tige	63 à 65	15 à 23	14 à 20
fragment de tige	69 à 95	2 à 12	0 à 19
feuilles	42 à 54	32 à 47	11 à 15
(limbes	42 à 54	36 à 50	8 à 12
)pétioles	54 à 71	22 à 26	3 à 15
3e. feuille	55 à 64	27 à 29	7 à 14
(limbes	53 à 61	30 à 34	9 à 13
)pétioles	70 à 80	9 à 12	8 à 20
10e. feuille	49 à 63	29 à 42	8 à 12
(limbes	46 à 59	34 à 45	7 à 12
)pétioles	71 à 77	9 à 21	6 à 17

Pour les proportions en azote, les écarts entre les limites sont faibles (moins de 10 % de la moyenne) pour le total aérien, les graines, les tiges, mais sont de valeur plus grande pour le total végétatif, les feuilles et surtout pour le fragment de tige.

Pour les proportions en soufre et phosphore, les écarts entre les limites sont proportionnellement plus élevés, vu les faibles valeurs affectant les proportions de soufre et de phosphore, ces écarts sont les plus petits en total aérien, en graines et pétioles pour le soufre ; en total aérien, en graines, en feuilles pour le phosphore.

Dans le triangle expérimental, la zone représentative de ces rapports internes est déportée par rapport au point représentatif de l'équilibre anionique de la solution qui est de 50 - 25 - 25

Le Journal N°3
1° Vers l'azote, très fortement pour les graines, moins fortement pour les tiges et les pétioles, plus faiblement pour le total aérien, la proportion d'azote est très voisine de celle de la solution nutritive pour le total végétatif, le limbe de la troisième feuille et la dixième feuille.

Le Journal N°4
2° Vers le soufre, très fortement pour le total végétatif, l'ensemble des feuilles et leurs limbes, moins fortement pour les feuilles considérées séparément, la proportion de soufre n'est presque pas modifiée pour le total général et l'ensemble des pétioles.

Le Journal N°4
3° Vers le phosphore, dans aucun cas. Le fragment de tige montre la proportion de phosphore la plus voisine de

celle de la solution nutritive, les proportions les plus hautes s'observent en tige, pétioles et partie aérienne. Ceci pourrait peut-être révéler que le phosphore de la solution nutritive a été insolubilisé en partie. Il est donc mis à la disposition de la plante en proportions plus faible vis à vis des autres anions, ceci serait confirmé par un rapport azote-soufre, identique dans la plante et dans la solution nutritive, cela s'observe, en effet, pour la partie aérienne et l'ensemble des pétioles, mais n'est donc pas général.

2. Proportions Cationiques

nous discuterons, en premier lieu, le tableau 48, où figurent les limites atteintes par ces proportions.

	0 à 100	0 à 95	0 à 90
Pétioles	15 à 100	0 à 90	0 à 90
1ère feuille	7 à 100	0 à 85	0 à 85
2ème feuille	0 à 100	0 à 95	0 à 90
Pétioles	25 à 100	0 à 45	0 à 45

Tableau 48

Valeurs limites des proportions centésimales
des cations au sein de leur total.

Organe	Élément dosé		
	K	Ca	Mg
total aérien	6 à 94	10 à 90	2 à 63
graines	43 à 55	2 à 14	32 à 55
total végétatif	0 à 100	0 à 100	0 à 70
tige	26 à 75	8 à 89	0 à 62
fragment de tige	0 à 74	2 à 100	0 à 57
feuilles	0 à 100	0 à 100	0 à 80
{ limbes	0 à 100	0 à 100	2 à 75
{ pétioles	0 à 95	2 à 77	23 à 76
3e. feuille	1 à 100	0 à 89	1 à 60
{ limbes	0 à 100	0 à 95	5 à 63
{ pétioles	18 à 100	0 à 58	0 à 53
10e. feuille	7 à 100	0 à 83	0 à 53
{ limbes	0 à 100	0 à 97	3 à 58
{ pétioles	23 à 100	0 à 44	0 à 45

Les écarts sont considérables, ils sont les plus faibles en graines, tiges et pétioles pour les trois cations étudiés.

Il est intéressant, au sujet des proportions cationiques, de comparer les graphiques 34 et 36, où les points représentatifs de ces proportions ont été placés sur le triangle expérimental. Dans ces graphiques, les croix représentent les proportions cationiques de la solution nutritive pour chacun des traitements. Ces croix délimitent un triangle équilatéral situé dans le grand triangle, à égale distance des côtés.

Des traits joignent les points entre eux dans l'ordre des traitements expérimentaux, c'est-à-dire, ^{deux l'ordre} des croix.

L'on obtient ainsi des figures plus ou moins régulières. Si les rapports entre cations étaient les mêmes dans les divers organes que dans la solution nutritive, les deux triangles ainsi obtenus seraient en complète coïncidence. Au plus la figure délimitée par les points se rapproche d'un triangle équilatéral identique et superposé au triangle délimité par les croix, au plus la relation est étroite entre les rapports ioniques dans l'organe considéré, d'une part, et les mêmes rapports dans la solution nutritive.

Un bref examen de l'ensemble des graphiques montre que, dans certains cas, cette superposition est assez bonne et que, dans d'autres, elle est très mauvaise ou nulle. Constatons, en premier lieu, que dans les graines, les proportions relatives des cations sont pratiquement non

influencées par les traitements et que l'ensemble de la zone couverte par les points représentatifs de ces proportions est tellement faible, qu'il est pratiquement impossible d'y établir les droites joignant les points entre eux, comme dans les autres graphiques.

En d'autres termes, à peu de chose près, la graine a, au point de vue des proportions relatives, une constitution cationique quasi indépendante du milieu nutritif.

Pour tous les autres organes de la plante et pour la plante entière il n'en est pas de même. Nous constatons tout d'abord, que dans certains organes, la figure obtenue en joignant les points dans l'ordre correspondant aux croix n'est pas un triangle, et que les traits se recoupent mutuellement de nombreuses fois. C'est le cas notamment des pétioles de la dixième feuille. Ceci montre que dans un tel organe on ne peut pas espérer trouver, par les rapports cationiques entre les teneurs, un reflet fidèle des proportions dans le milieu nutritif. Dans toutes les autres figures, la superposition, sans être parfaite, est plus ou moins bonne. En particulier, on remarquera une figure qui se rapproche d'un triangle dans le pétiole de la troisième feuille, et une figure encore plus proche, en grandeur et en position, du triangle délimité par les croix, pour l'ensemble des pétioles.

En résumé, les proportions cationiques établies dans les pétioles d'une feuille déterminée, donne un reflet moins fidèle des proportions dans le milieu nutritif que la considération de l'analogue obtenu sur l'ensemble des

pétioles de la plante. Dans le cas des pétioles considérés dans leur ensemble, c'est-à-dire dans le cas où la superposition est la meilleure, la figure délimitée par les points est toutefois systématiquement décalée vers le sommet K.

Les figures constituées par les proportions établies dans les fragments de tiges ou dans la tige entière sont également assez irrégulières. En d'autres termes, elles ressemblent peu à un triangle équilatéral et sont nettement décalées vers le sommet K du triangle expérimental. Toutes les autres figures, c'est-à-dire toutes celles qui sont relatives aux limbes, aux feuilles entières ou au total végétatif sont nettement plus voisines du triangle équilatéral et se superposent plus ou moins bien suivant le cas, avec le triangle délimité par les croix.

Un coup d'oeil d'ensemble sur les graphiques n° 36 - 37 - 39 - 40 - 42 - 43, montre qu'en ce qui concerne les feuilles, la similitude des figures est nettement meilleure pour l'ensemble des limbes que dans les limbes des deux feuilles considérées séparément.

On constate que pour les feuilles prises isolément, la superposition est meilleure pour les limbes seuls que pour l'ensemble de la feuille, ce qui résulte des remarques faites précédemment, relatives aux pétioles et où les superpositions étaient mauvaises.

Les deux meilleures superpositions se rencontrent donc dans l'ensemble des limbes et dans l'ensemble des feuilles, pétioles compris. La similitude des triangles délimités

par l'ensemble des points et des triangles délimités par des croix, est meilleure, au sens géométrique du terme, pour les limbes que pour la feuille entière. Mais la superposition des points, dans l'ensemble, est peut-être meilleure pour l'ensemble des feuilles. Toutefois, dans les deux cas, et un peu moins dans la feuille entière que dans les limbes, la figure est déportée vers le sommet Ca. On comprend que le déportement est moins fort pour la feuille entière, puisque le limbe est caractérisé par un triangle déporté vers le sommet Ca et le pétiole par un triangle déporté vers le sommet K, il en résulte tout naturellement que le triangle relatif à l'ensemble des feuilles, n'est pas déporté, ni vers K, ni vers Ca et présente seulement un léger déportement par rapport à Mg.

Les figures relatives au total végétatif aérien et au total général de la partie aérienne, graines comprises, se ressentent des remarques précédentes (graphiques n° 31 et 33). Toutes deux donnent une assez bonne superposition des figures. Celle qui correspond au total de la partie aérienne est légèrement plus proche d'un triangle régulier que celle qui concerne le total végétatif seul.

Si nous voulons tenter de donner, par un nombre, une mesure de cette superposition des points et des croix homologues, nous pourrions prendre la somme des distances entre points et croix correspondants sur une même figure, divisée par le nombre de traitements et par la base du triangle expérimental, exprimé, naturellement, en unités identiques à celles utilisées pour exprimer les distances.

L'inverse de ce rapport sera appelé indice de similitude et sera représenté par S. Au plus la superposition est bonne, au plus ce rapport sera grand. Les limites en sont 1,6 et l'infini. Toutefois, cette valeur maximum n'est atteinte qu'en cas de coïncidence parfaite et, si l'on admet une variabilité de cinq pour-cent autour du rapport envisagé, cette valeur descend aussitôt à 20, valeur que l'on peut considérer comme étant l'indice d'une très bonne similitude.

Le tableau 49 ^{donne} ~~renseigne~~ ces valeurs pour les divers organes étudiés.

	13,5	3
{ limbes	10,5	4
{ pétioles	7,5	8
3e. feuille	8,1	7
{ limbes	9,3	5
{ pétioles	3,6	12
1er. feuille	7,3	9
{ limbes	8,3	6
{ pétioles	3,1	14

Tableau 49
 Indice de similitude (S) pour les proportions relatives cationiques.

Organe	S	Cit. <i>classement</i>
total aérien	13,7	2
graines	3,4	13
total végétatif	14,7	1
tige	5,7	11
fragment de tige	5,7	10
feuilles	13,4	3
{ limbes	10,5	4
{ pétioles	7,5	8
3e. feuille	8,1	7
{ limbes	9,5	5
{ pétioles	3,4	12
1 ^{re} . feuille	7,3	9
{ limbes	8,3	6
{ pétioles	3,1	14

En se basant sur ces nombres, nous pouvons dire que la superposition est effectivement meilleure pour le végétatif aérien que pour le total aérien, graines comprises. Autrement dit, la nature particulière des graines, et notamment leur indépendance en ce qui concerne les proportions élémentaires, déplace la figure dans une mesure notable.

La meilleure image semble donc donnée par le végétatif aérien. Toutefois, il semble que la figure correspondant au total général de la partie aérienne soit plus proche d'un triangle régulier et que la dispersion des points soit plus semblable à celle des croix.

Il a semblé utile, d'autre part, d'établir l'indice de déplacement moyen (D). C'est la somme des valeurs absolues des écarts à l'unité des indices de déplacement partiels (dans cette expérience D_K , D_{Ca} ou D_{Mg}). Ceux-ci sont les rapports entre les déplacements des points représentatifs des rapports ioniques dans la solution (représentés par ~~une~~ ^{des} croix dans les graphiques) à leurs homologues dans la plante (représentés par les points dans les graphiques). Ceci, uniquement pour les points extrêmes de la figure triangulaire étudiée (dans le cas présent, les points et les croix relatifs aux traitements A, R et W). Le déplacement est la somme des distances de ces points ou croix à un même sommet du triangle expérimental (K - Ca ou Mg suivant le déplacement envisagé). En raisonnant de cette façon, on obtient les valeurs du tableau 50.

Tableau 50

Indice de déplacement moyen (D) et indice de déplacement partiel (D_K , D_{Ca} ou D_{Mg}).

Organe	D_K	D_{Ca}	D_{Mg}	D	Classement
total aérien	1,12	1,02	0,95	0,19	1
graines	1,37	0,78	1,13	0,72	12
total végétatif	1,11	1,05	0,94	0,22	3
tige	1,37	0,92	0,94	0,51	10
fragment de tige	1,33	0,99	0,90	0,44	8
feuilles	1,05	1,08	0,93	0,20	2
{ limbes	1,08	1,12	0,94	0,24	4
{ pétioles	1,24	0,95	0,95	0,34	5
3e. feuille	1,27	0,99	0,90	0,51	10
{ limbes	1,28	1,03	0,92	0,39	6
{ pétioles	1,81	0,84	0,85	0,95	13
10e. feuille	1,33	0,99	0,86	0,48	9
{ limbes	1,19	1,06	0,82	0,43	7
{ pétioles	1,96	0,83	0,82	1,31	14

On voit que dans les grandes lignes, ces valeurs suivent un même classement si l'on groupe les traitements :

groupe 1 : de 0,19 à 0,22 pour D et de 1 à 3 pour S : les témoins, les feuilles.

groupe 2 : de 0,23 à 0,39 pour D et de 4 à 6 pour S : les limbes.

groupe 3 : de 0,40 à 0,51 pour D et de 7 à 9 pour S : les pétioles.

groupe 4 : de 0,51 à 1,31 pour D et de 10 à 14 pour S : la tige, les graines.

Cependant, si l'on tient pour valable les considérations énoncées précédemment sur l'alimentation totale de la

Les indices de déplacement partiels varient entre 0,62 et l'infini. Plus le déplacement est grand, plus l'indice l'est aussi.

Si le déplacement partiel est plus grand que l'unité, la figure étudiée est déplacée vers le sommet envisagé ; au contraire, il s'en éloigne si l'indice est inférieur à l'unité. L'on voit ainsi que dans tous les organes il y a un décalage des points vers le sommet K. En effet, toutes les valeurs des indices partiels sont plus grandes que l'unité, surtout en pétioles, en tige, en graines. Vis à vis du sommet Mg, le décalage se fait en direction centripète pour tous les organes, à l'exception des graines. Par rapport au sommet Ca, les décalages s'observent dans les deux sens.. Notons encore que les valeurs sont plus élevées pour les limbes.

L'indice de déplacement moyen est d'autant plus grand que le décalage, par rapport aux sommets du triangle expérimental, est considérable.

Le classement des valeurs dans les tableaux 49 et 50 montre que dans les grandes lignes, ces valeurs suivent un même classement si l'on groupe les traitements :

groupe 1 : de 0,19 à 0,22 pour D et de 1 à 3 pour S : les totaux, les feuilles.

groupe 2 : de 0,23 à 0,39 pour D et de 4 à 6 pour S : les limbes.

groupe 3 : de 0,40 à 0,51 pour D et de 7 à 9 pour S : les pétioles.

groupe 4 : de 0,51 à 1,31 pour D et de 10 à 14 pour S : la tige, les graines.

Cependant, si l'on tient pour valable les considérations émises précédemment sur l'alimentation totale de la

plante, il faudrait calculer ces divers indices en tenant compte des rapports cationiques de l'alimentation totale et non pas comme nous venons de le faire, en considérant l'alimentation d'appoint.

Le tableau 51 ^{donne} ~~renseigne~~ ces valeurs pour les organes occupant les quatre premières places du classement des tableaux 49 et 50.

Indice	total cation	total végétal	total
1	21,4	18,9	15,0
2	1,02-0,98-0,96	1,02-0,99-0,93	1,02-1,03-0,94
3	0,16	0,16	0,11
4	2	3	1

Tableau 51

Indices de similitude et de déplacement calculés à partir de l'alimentation totale.

Indice	total aérien	total végétatif	feuilles	limbes
S	21,4	18,9	15,0	13,2
classement	1	2	3	4
$D_K-D_{Ca}-D_{Mg}$	1,08-0,98-0,96	1,06-0,95-0,93	1,02-1,03-0,94	1,04-1,05-0,94
D	0,14	0,18	0,11	0,15
classement	2	3	1	4

Nous constatons tout d'abord que les indices se sont considérablement améliorés, la similitude, entre autre, peut être garantie à dix pour-cent.

Nous voyons que l'indice de similitude est de loin le meilleur pour le total général aérien, graines comprises, cependant, pour ce même total, l'indice de déportement, tout en étant très bon, occupe la deuxième place. Cela provient peut-être du fait que l'indice de déportement est calculé sur trois valeurs, alors que l'indice d'écart l'est sur l'ensemble des points, ce dernier est donc le plus valable. A l'examen des chiffres relatifs aux indices de déportement partiel, il semble que les rapports sur les totaux soient déportés plus fort vers le sommet K et moins fort vers le sommet Ca.

En résumé, la partie aérienne totale semble donner le meilleur reflet de la composition de l'alimentation totale de la plante sous le rapport des proportions.

d. Le rapport de la somme des anions à la somme des cations (rapport A/C)

Le tableau 52 donne des limites entre lesquelles varient ce rapport dans les divers organes de la plante.

Ces valeurs ont été calculées à partir des équations des plans de régression et sont à considérer avec les réserves émises quant à la validité des fonctions obtenues par régression pour des valeurs nulles de l'une ou l'autre des variables.

Tableau 52

Limites (supérieure L_3 et inférieure L_1) des rapports de la somme des anions à la somme des cations (rapport A/C) et écart entre les limites, exprimé en pour-cent de la moyenne (E)

Organes	$L_1 < L_3 < 1$	E	$L_1 < 1 < L_3$	E
total aérien			0,85 à 1,20	34
graines	0,46 à 0,67	37		
total végétatif			0,60 à 1,04	53
tige			0,79 à 1,52	62
fragment de tige			0,87 à 2,41	94
feuilles	0,59 à 0,94	46		
(limbes			0,55 à 1,09	66
(pétioles	0,48 à 0,79	49		
3e. feuille	0,91 à 0,96	27		
(limbes			0,99 à 1,36	31
(pétioles	0,63 à 0,78	22		
10e. feuille	0,62 à 0,99	46		
(limbes			0,68 à 1,39	69
(pétioles	0,42 à 0,56	29		

Ce tableau montre nettement que les feuilles entières, les pétioles, les graines ont toujours un rapport anions/cations inférieur à l'unité.

Le maximum d'écart est obtenu pour le fragment de tige, puis pour les limbes, le minimum pour les pétioles.

Ces considérations terminent l'étude de l'expérience de base. Nous passerons dans le chapitre suivant à l'application de la méthode qui se dégage de cette série à d'autres expériences, dont le petit nombre de traitement ne rend pas la discussion statistique possible, comme cela a pu être fait dans cette expérience sur le cotonnier.
