

Culture hors-sol

Perfectionnement 2

Gestion de la nutrition, de l'irrigation et du drainage

Le 22 septembre 2016

Formateur: Vaimoana FOGLIANI



Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

l'élaboration d'une solution nutritive nécessite une maîtrise de certaines notions de chimie.

Elle prend en compte **les éléments présents dans l'eau d'irrigation** et permet grâce à un **assemblage minutieux d'engrais** d'ajuster au mieux **les besoins de la culture.**

L'exercice requière un savoir faire mais cela reste accessible à tous avec de l'entraînement.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

1 . Rappels et notions de chimie

les éléments minéraux sont classés en deux catégories :

- **Les macro-éléments** : Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K), Soufre (S), Magnésium (Mg) et Calcium (Ca).
- **Les micro-éléments** : Fer (Fe), Cuivre (Cu), Manganèse (Mn), Zinc (Zn), Bore (B), Molybdène (Mo) et Chlore (Cl).
- Les macro-éléments sont nécessaires en grande quantité alors que les micro-éléments (également appelés oligo-éléments) sont indispensables, mais en faible quantité.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- **Un élément chimique** est un corps simple
- L'unité de base est **l'atome**.
- **Un atome** est constitué d'un noyau (chargé positivement) et d'électrons (chargés négativement) qui gravitent autour de ce noyau.
- L'ensemble constitue un **élément neutre** car il y a un équilibre des charges positives et négatives.

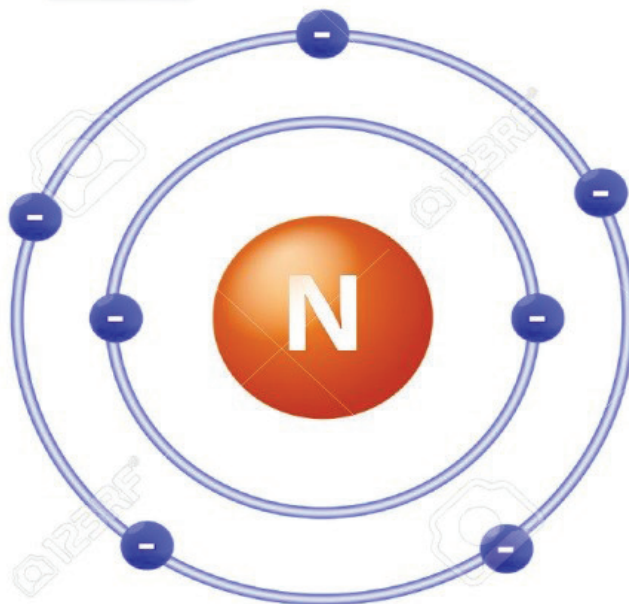
Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage



NITROGEN

Atomic number: 7
Atomic weight: 14.007
Per shell: 2, 5



Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- La **masse atomique** (ou masse molaire) est différente selon l'atome
- Elle est donnée par **le tableau périodique** des éléments.

Phosphore = 30 Azote = 14

Calcium = 40 Potassium = 39

Hydrogène = 1

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Tableau périodique des éléments

Tableau périodique des éléments																		18	
1 (1c)																		VIII A	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	
1																		2	

Métaux	Métaux de transition	Non métaux	Gaz rares et inertes
--------	----------------------	------------	----------------------

Éléments artificiels

* Signifie élément radioactif (instable)

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Une molécule est constituée de plusieurs atomes :

Molécule d'eau = H₂O

2 atomes Hydrogène + 1 atome Oxygène

- **La masse d'une molécule** est la somme des masses de tous les atomes qui la constituent.
- **Un ion : Atome** ou **molécule** ayant gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Une perte d'électron(s) correspond à une charge globale positive : on parle **d'un cation**.
- Un gain d'électron(s) correspond à une charge globale négative : on parle **d'un anion**.
- **La valence** correspond à la charge de l'ion (cation ou anion)
 - La valence du cation Ca^{2+} est de 2
 - La valence de l'anion Cl^- est de 1

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- **un équivalent (eq en g) et milliéquivalent (meq en mg)** est égal à la masse atomique divisée par la valence

$$1 \text{ meq} = 1 \text{ eq}/1000$$

- **Ca²⁺**

Masse atomique : 40

Valence : 2

1 milliéquivalent de Ca²⁺ = $40/2 = 20 \text{ mg}$

- **K⁺**

Masse atomique : 39

Valence : 1

1 milliéquivalent de K⁺ = $39/1 = 39 \text{ mg}$

- **H₂O**

Masse atomique : $(H = 1 \times 2 = 2) + (O = 16 \times 1) = 18 \text{ gr}$

Valence : 1

1 milliéquivalent de H₂O = 18 mg

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

CALCUL DE LA MASSE D'UN ÉQUIVALENT ET D'UN MILLIÉQUIVALENT DE COMPOSÉS CHIMIQUES TRÈS UTILISÉS EN FERTILISATION

NATURE	MASSE MOLAIRE EN g/mol ⁻¹	ÉLECTROVALENCE	Masse d'un eq en g	Masse d'un meq en mg
Ca ²⁺	(40 x 1) = 40	2	20	20
K ⁺	(39 x 1) = 39	1	39	39
H ₂ PO ₄ ⁻	(1 x 2) + (31 x 1) + (16 x 4) = 97	1	97	97
NO ₃ ⁻	(14 x 1) + (16 x 3) = 62	1	62	62
NH ₄ ⁺	(14 x 1) + (1 x 4) = 18	1	18	18

- Rappel : pour déterminer la masse d'un équivalent ou d'un milliéquivalent on doit se référer aux ouvrages de chimie présentant le tableau périodique des éléments afin de connaître la masse molaire de chacun d'eux (ex. : N = 14, P = 31, Ca = 40, O = 16, H = 1, K = 39)

11

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- **L'assimilation par la plante** des éléments se fait sous forme d'ions. Ces ions n'existent qu'en **solution aqueuse** (c'est à dire en présence d'eau).
- **En culture hors sol, un ion est le résultat de la dissolution d'un sel ou d'un engrais.**
- Un engrais est le résultat de la combinaison de deux ions de valences opposées.
 - Nitrate de Potassium : KNO_3 $\text{K}^+ + \text{NO}_3^-$
 - Sulfate de Potassium : K_2SO_4 $2 \text{K}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

2.La solution nutritive maison

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Pour la confection d'une solution nutritive dite maison, il faut prendre en compte:

- **la disponibilité des engrais** en Nouvelle-Calédonie.
- **une analyse de l'eau d'irrigation**
- **les normes** qui correspondent aux besoins des cultures.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

2.1 choix des engrais pour la culture hors sol

- l'engrais doit être soluble
- Utiliser des engrais simples (1 seul ion), binaire (2 ions) ou tertiaire (3 ions)

Malheureusement en Nouvelle-Calédonie, nous disposons de très peu d'engrais pour la confection de solutions nutritives.

Pour l'exercice suivant j'utiliserai les engrais ci-dessous:

- Nitrate de Calcium
- Nitrate de Potassium
- Phosphate mono-potassique MKP
- Phosphate mono-ammonique MAP
- Sulfate de Potassium

- D'autres engrais peuvent être importés mais sur commande spéciale par le biais du dock des engrais de la CANC
- Il est possible d'envoyer votre analyse d'eau et les besoins de votre culture à des fournisseurs d'engrais. Ils pourront ainsi vous proposer un engrais sur mesure.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Vérifier la compatibilité des engrais lorsque vous les mélanger entre eux

	Nitrate de calcium	Nitrate de potassium	MKP	Sulfate de potassium	MAP
Nitrate de calcium	-	C	X	X	X
Nitrate de potassium	C	-	C	C	C
MKP	X	C	-	C	-
Sulfate de Potassium	X	C	C	-	C
MAP	X	C	-	C	-

C

X

Compatible

Incompatible

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Composition des engrais les plus courants.

Engrais	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	Autres éléments	Remarques
Urée	46	-	-	-	Engrais d'entretien. A enfouir. Volatile. Très soluble. Assez hygroscopique. Inadapté aux sols très pauvres en matière organique. Tendance à acidifier un peu le sol.
Nitrate de calcium	15,5	-	-	26,5 % de CaO	Engrais d'entretien. Garder les sacs fermés avant utilisation. Problème de stockage (très hygroscopique : capte l' humidité) : coule et prend aisément en masse. Très soluble. Hydroponie ou champ.
Ammonitrate	34	-	-	-	Engrais d'entretien. Moitié nitrate moitié ammoniacque. Problème de stockage (hygroscopique, prend en masse). Très soluble. Tendance à acidifier un peu le sol.
CAN	25-28	-	-	14 % de CaO	Azote rapidement disponible pour la plante. Ca présent sous forme de chaux : remonte le pH du sol.
MAP, DAP	12-20	46-60	-	-	Phosphates très solubles. Adaptés pour hydroponie.
Superphosphate triple	-	46	-	15 % de CaO	Engrais de fond. Assez soluble dans l'eau.
Hyperphosphate	-	28-39	-	40-55 % CaO	Engrais de fond. Très peu soluble dans l' eau. Quelques oligo-éléments.
Chlorure de potassium	-	-	40-60	35-55 % de Cl	Très soluble dans l' eau.
Sulfate de potassium	-	-	50	18 % de S	Engrais de fond ou d' entretien. Assez soluble.
Nitrate de potassium	13	-	46	-	Engrais d'entretien. Action rapide. N-nitrate. Directement assimilable par la plante. Pour hydroponie ou champ.
0 - 32 - 16	-	32	16	6 % de CaO	Engrais de fond.
MKP 0 - 52 - 34	-	52	34	-	Engrais pour hydroponie.
17 - 17 - 17	17	17	17	2 % de S	N (17 % Ammoniac), P (14,5 %) et K soluble dans l'eau
13 - 13 - 21	13	13	21	9 % de S	N (13 % Ammoniac), P (10 %) et K soluble dans l'eau

CAN : Calcium ammonitrate ; MAP, DAP : Mono- ou Di-ammonium phosphate.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

2.2 l'analyse d'eau

- Elle permettra de connaître **la nature** et la **quantité** d'ions présents
- Prendre en compte les ions qui ont une influence sur la fertilité et sur la composition de la solution nutritive
 - **Eléments majeurs:** Nitrate NO₃ / Phosphate PO₄ / Potassium K⁺ / Calcium Ca / Chlorure CL / Magnésium Mg / Sulfate SO₄ / Sodium Na / Hydrogénocarbonate (bicarbonate) /
 - **Oligo-éléments :** Fer / bore /cuivre /zinc etc. ...
- **Électroconductivité**
- **pH**

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage



**CALEDONIENNE
DES EAUX**

LABORATOIRE D'ANALYSES DES EAUX ET D'ENVIRONNEMENT

Agréé par la Province Nord : Arrêté 64/96 du 20 août 1996.
Agréé par la Province des Iles : Arrêté n° 2002-479/PR du 12 septembre 2002.
Certifié ISO 9001-2000 - BVQI/COFRAC (France).

RAPPORT D'ANALYSES

Nous vous prions de bien vouloir trouver ci-dessous les résultats des analyses demandées.

Demandeur : **Géo Terre**
N° d'enregistrement : **0502436**
Nature du prélèvement : **EAU DEST. CONSOM. HUMAINE**
Lieu du prélèvement : **[REDACTED]**

Echantillon prélevé par : **[REDACTED]**
Date de prélèvement : **[REDACTED]**
Date d'arrivée au laboratoire : **[REDACTED]**
Date début d'analyse : **[REDACTED]**
Date fin d'analyse : **[REDACTED]**

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

	Valeurs mesurées	Unité mesure	Valeurs limite(*)	Limite de détection	Référence méthode
Calcium.....	40,9	mg/l en Ca		0,1	NFT90005
Chlorures.....	174,8	mg/l en Cl		0,1	CIA CL
Conductivité.....	756,0	µS/cm		0,1	NFEN27888
Hydrogénocarbonates.....	186,5	mg/l en HCO3		0,1	CALCUL
Potassium.....	0,20	mg/l en K		0,05	NFT90020
Magnésium.....	32,80	mg/l en Mg		0,01	NFT90005
Sodium.....	92,40	mg/l en Na		0,01	NFT90020
pH.....	7,97			0,01	NFT90008
Silice.....	31,0	mg/l en Si		0,1	VARIAN SI
Sulfates.....	36,2	mg/l en SO4		0,1	CIA SO4

PARAMETRES INDESIRABLES

Fer.....	209	µg/l en Fe	200	1	FDT90119
Nitrites.....	< 0,01	mg/l en NO2		0,01	CIA NO2
Nitrates.....	< 0,1	mg/l en NO3		0,1	CIA NO3
Phosphates.....	< 0,01	mg/l en PO4		0,01	CIA PO4

(*) Limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (arrêté n°79-153/SGCG du 3 avril 1979 modifié par l'arrêté n°295/SGCG du 19 juin 1979).JONC

COMMENTAIRES :

Paramètres analysés non conformes à la réglementation NC

La concentration en fer est supérieure à la valeur limite légale fixée à 200 µg/l en Fe.



Siège social : 15, rue Jean Challer - P.K.4 - BP 812 - 98845 Nouméa Cedex - Nouvelle-Calédonie - ☎ : (687) 41.37.37 / Urgences : 41.37.38 • Télécopieur : (687) 43.81.28

E-mail : cde@cde.nc - S.A. au capital de 510 535 000 F CFP - RC B 213652 - RIDET 213652 002

Banque BNC : 14889 00001 10098001000 51 - C.C.P. : 14158 01022 0050847B051 88 - B.C.I. : 17499 00010 11307702011 06

ARTYPO 14317/A

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

2.3 Les normes

- Elles recensent les besoins de la culture pour chaque ion.
- Exprimées en **meq/l** de solution nutritive
- Elles peuvent varier suivant les techniciens et les pays

NORME DE BASE en me/l	NO3	H2PO4	SO4	K	CA	MG
TOMATE	13,00	1,04	2,60	9,10	7,80	2,60
POIVRON	12	0,96	2,4	8,4	7,2	2,4
AUBERGINE	15,00	1,20	3,00	10,50	9,00	3,00
CONCOMBRE	13,5	1,08	2,7	9,45	8,1	2,7
MELON	13,5	1,08	2,7	9,45	8,1	2,7
LAITUE	12	0,24	0,6	2,5	1,8	0,6
FRAISE	11,4	1,7	1,9	6,3	6,3	2,5

Les normes seront prises en compte dans la confection de la solution nutritive

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

2.4 Conseils pratiques pour la solution nutritive:

- Toujours disposer de deux bacs pour les engrais
- Apporter l'acide nitrique dans un 3^{ème} bac
- Bien vérifier chaque pesée
- Diluer les engrais en commençant par les moins solubles si possible dans de l'eau tiède ou à température ambiante
- Ne pas dépasser une concentration de 200 g/l (EC 180 !!!)

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

3. Déterminer la composition de la solution nutritive

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Pour déterminer la composition d'une solution nutritive on utilisera **un tableau récapitulatif** (feuille de calcul Excel fournie)

Il prend en compte :

- Les anions NO_3^- / H_2PO_4^- / SO_4^-
- Les cations NH_4^+ / Ca^{2+} / Mg^{2+} / K^+
- Eau d'irrigation
- Les normes
- Les apports

Attention il existe de nombreux modèles de tableaux récapitulatifs et de nombreuses façons de les utiliser.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Pour remplir **le tableau récapitulatif** on suivra les étapes ci-dessous :

- **1ère étape:** Choisir les normes suivant la culture
- **2ème étape:** Tenir compte des ions nutritifs apportés par l'eau
- **3ème étape:** Faire la différence entre la norme et l'eau pour chaque ion
- **4ème étape:** Choisir les engrais les plus adaptés et les positionner

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Tableau récapitulatif

ELEMENTS				Anions		
Norme				NO3	H2PO4	SO4
EAU						
Apport						
K						
CA						
MG						
NH4						
				0	0	0

25

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

1ère étape:

- Choisir les normes suivant la culture

Nous allons prendre comme exemple la culture de tomate.

NORME DE BASE en me/l	NO3	H2PO4	SO4	K	CA	MG
TOMATE	13,00	1,04	2,60	9,10	7,80	2,60
POIVRON	12	0,96	2,4	8,4	7,2	2,4
AUBERGINE	15,00	1,20	3,00	10,50	9,00	3,00
CONCOMBRE	13,5	1,08	2,7	9,45	8,1	2,7
MELON	13,5	1,08	2,7	9,45	8,1	2,7
LAITUE	3	0,24	0,6	2,5	1,8	0,6
FRAISE	11,4	1,7	1,9	6,3	6,3	2,5

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Inscrire dans le tableau récapitulatif dans la colonne « Norme »

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4
	Norme			13,00	1,04	2,60
	EAU			0,00	0,00	0
	APPORT			0,00	0,00	0,00
K	9,10	0	0,00	0,00	0,00	0,00
CA	7,80	0	0,00	0,00	0,00	0,00
MG	2,60	0	0,00	0,00	0,00	0,00
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

2ème étape: Tenir compte des ions nutritifs apportés par l'eau

- **Analyse de l'eau d'irrigation**

- Prendre en compte les ions exprimés en mg/l qui auront une influence sur la solution
- Convertir en meq/l à l'aide du tableur Excel

	NO3	H2PO4	SO4	K	CA	MG	NH4
Résultat de l'analyse en meq/l	0,00	0,00	0,10	0,03	2,21	2,31	0,00
Résultat de l'analyse en mg/l	0	0	5	1,2	44,1	27,7	0

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- **Inscrire les valeurs** dans le tableau récapitulatif dans la colonne « eau »

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4
	Norme			13,00	1,04	2,60
		EAU		0,00	0,00	0,1
			APPORT	0,00	0,00	0,00
K	9,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CA	7,80	2,21	0,00	0,00	0,00	0,00
MG	2,60	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

3ème étape: Faire la différence entre la norme et l'eau pour chaque ion

- Inscrire dans **la colonne « apport »**

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4
	Norme			13,00	1,04	2,60
		EAU		0,00	0,00	0,10
			APPORT	13,00	1,04	2,50
K	9,10	0,03	9,07	0,00	0,00	0,00
CA	7,80	2,21	5,60	0,00	0,00	0,00
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

La colonne « apport » correspond à la dose réelle à apporter₃₀

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Observations :**

L'eau d'irrigation est chargée, elle apporte des éléments en Ca, K⁺, SO₄ et Mg en excès

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4
	NORME			13,00	1,04	2,60
		EAU		0,00	0,00	0,10
			APPORT	13,00	1,04	2,50
K	9,10	0,03	9,07	0,00	0,00	0,00
CA	7,80	2,21	5,60	0,00	0,00	0,00
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				0	0	0,10

0,3
2,21
2,31
0

LES CHIFFRES EN BLEU DONNENT UNE INDICATION SUR une partie des ions déjà disponibles

A la fin du remplissage du tableau ils doivent être proches des apports

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- **4ème étape: Choisir les engrais les mieux adaptés**
- Pour répondre aux apports de la culture en NO_3 , en K, H_2PO_4 , SO_4 , Ca, Mg etc..

Utiliser des engrais constitués des ions ci-dessus

Nitrate de Potassium KNO_3	N03+K
Nitrate de Calcium $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	N03+Ca
Nitrate de Magnésium $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	N03+Mg
Phosphate monopotassique KH_2PO_4 ou MKP	$\text{H}_2\text{PO}_4+\text{K}$
Phosphate monoammonique $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ou MAP	$\text{NH}_4+\text{H}_2\text{PO}_4$
Sulfate de Potassium K_2SO_4	SO_4+k

Exemple :

- Pour apporter des ions **NO_3** et **Ca**, j'utiliserai le **nitrate de Calcium** qui est constitué de deux ions
- Pour apporter des ions **SO_4** et **K^+** , j'utiliserai du **sulfate de Potassium**

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- **5ème étape: Positionner les engrais**

Toujours commencer par les ions dont les apports sont les moins importants

H₂PO₄ Phosphate

En apportant **1,04 meq de H₂PO₄**

On couvrira la totalité de l'apport en H₂PO₄ et une partie des apports en K⁺.

Apport K⁺ = 9,07 meq - 1,04 meq = reste 8,03 meq de K⁺ à apporter

Pour couvrir ses apports, on utilisera l'engrais **MKP** qui est constitué d'ions H₂PO₄ et K.

On apportera à la solution 1,04 meq/l de MKP

ELEMENTS				NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	
	NORME			13,00	1,04	2,60	
		EAU		0,00	0,00	0,10	
			APPORT	13,00	1,04	2,50	
K	9,10	0,03	9,07	0,00	1,04	0,00	1,07
CA	7,80	2,21	5,60	0,00	0,00	0,00	2,21
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	2,31
NH ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				0	1,04	0,10	

Attention le choix et les quantités d'engrais en meq/l se fait par tâtonnement

33

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

SO₄ Sulfate

En apportant **2,50 meq de SO₄**

On couvrira la totalité de l'apport en SO₄ et une partie des apports en K⁺.

Apport K⁺ = 8,03 meq – 2,50 meq = reste 5,53 meq de K⁺ à apporter

Pour couvrir ses apports, on utilisera l'engrais **sulfate de Potassium** qui est constitué d'ions SO₄ et K⁺.

On apportera à la solution 2,50 meq/l de sulfate de Potassium

ELEMENTS	NORM E			NO3	H2PO4	SO ₄	
				13,00	1,04	2,60	
	EAU			0,00	0,00	0,10	
	APPOR T			13,00	1,04	2,50	
K	9,10	0,03	9,07	0,00	1,04	2,50	3,57
CA	7,80	2,21	5,60	0,00	0,00	0,00	2,21
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	2,31
NH ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				0	1,04	2,6	

34

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Ca²⁺ Calcium

En apportant **5,60 meq de Ca**

On couvrira la totalité de l'apport en Ca et une partie des apports en NO₃

Apport NO₃ = 13 meq – 5,60 meq = reste 7,4 meq de NO₃ à apporter

Pour couvrir ses apports, on utilisera l'engrais **Nitrate de calcium** qui est constitué d'ions NO₃ et Ca.

On apportera à la solution 5,60 meq/l de Nitrate de Ca

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4	
	NORM E			13,00	1,04	2,60	
		EAU			0,00	0,00	0,10
			APPOR T	13,00	1,04	2,50	
K	9,10	0,03	9,07	0,00	1,04	2,50	3,57
CA	7,80	2,21	5,60	5,60	0,00	0,00	7,8
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	0
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				5,6	1,04	2,6	

35

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

K+ Potassium

On apportant : **5,53 meq de potassium**

On couvrira la totalité de l'apport en K+ et une partie des apports en NO3

Apport NO3= 13 meq – 5,60 meq - 5,53 meq = reste 1,87 meq de NO3

Pour couvrir ses apports, on utilisera l'engrais **Nitrate de Potassium** qui est constitué d'ions NO3 et K+.

On apportera à la solution 5,53meq/l de Nitrate de K+

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4	
	NORM E			13,00	1,04	2,60	
		EAU	APPOR T	0,00	0,00	0,10	
				13,00	1,04	2,50	
K	9,10	0,03	9,07	5,53	1,04	2,50	9,10
CA	7,80	2,21	5,60	5,60	0,00	0,00	7,8
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	0
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				11,13	1,04	2,6	

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Le tableau montre qu'il y a un déséquilibre avec l'ion **NO₃**
- **Apport 13 meq**
- **11,13 meq** constitués des engrais utilisés (5,53 meq nitrate de potassium et 5,60 meq nitrate de calcium)

$$13 \text{ meq} - 11,13 \text{ meq} =$$

Il manque 1,87 meq de NO₃

ELEMENTS				NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	
	NORM E			13,00	1,04	2,60	
		EAU	APPORT	0,00	0,00	0,10	
				13,00	1,04	2,50	
K	9,10	0,03	9,07	5,53	1,04	2,50	9,10
CA	7,80	2,21	5,60	5,60	0,00	0,00	7,8
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	0
NH₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				11,13	1,04	2,6	

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

NO₃ Nitrate

Pour avoir une solution équilibrée, nous allons devoir augmenter par tâtonnement les engrais constitués de NO₃.

Il manque **1,87 meq de NO₃**

Pour cela nous allons augmenter d'environ **1 meq/l** les apports de nitrate de potassium et de nitrate de calcium.

ELEMENTS				NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	
	NORM E			13,00	1,04	2,60	
		EAU			0,00	0,10	
			APPOR T	0,00	0,00	0,00	
				13,00	1,04	2,50	
K	9,10	0,03	9,07	6,50	1,04	2,50	10,07
CA	7,80	2,21	5,60	6,50	0,00	0,00	8,71
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	2,31
NH₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
				13	1,04	2,6	

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

Le tableau récapitulatif est maintenant équilibré

Nous allons passer maintenant à l'étape : Confection de la solution nutritive.

ELEMENTS				NO3	H2PO4	SO4		
	NORM E			13,00	1,04	2,60		
		EAU			0,00	0,00	0,10	
			APPOR T	13,00	1,04	2,50		
K	9,10	0,03	9,07	6,50	1,04	2,50	10,07	
CA	7,80	2,21	5,60	6,50	0,00	0,00	8,71	
MG	0,00	2,31	-2,31	0,00	0,00	0,00	2,31	
NH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	
				13	1,04	2,6		

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

4.Confection de la solution nutritive

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

4.1 Convertir les meq/litre en milligramme/litre

- Pour la culture de tomate nous aurons besoins de :

6,5 meq de nitrate de Potassium

6,5 meq de nitrate de calcium

1,04 meq de MKP phosphate monopotassique

2,50 meq de sulfate de potassium

- Convertir les meq en milligramme/litres :

Prendre en compte la masse molaire de chaque engrais (annexe)

1 meq de nitrate de Potassium = 101 mg X 6,5 =	656,5 mg/litre
1 meq de nitrate de calcium = 98 mg X 6,5 =	637 mg/litre
1 meq de MKP phosphate monopotassique = 136 mg X 1,04 =	141,44 mg/litre
1 meq de sulfate de potassium = 174 mg X 2,50 =	435 mg/litre

Une fois converties, il faut multiplier les doses d'engrais en mg/l par la quantité de solution fille produite.

On obtiendra ainsi la consommation d'engrais réelle.

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

4.2 Déterminer la quantité d'eau des tomates

- 3 lignes de 30 m
- 3 lignes X 90 pieds de tomate = 270 pieds irrigués par capillaire
- Nombre total de capillaires : 270
- Durée d'arrosage : 13 min
- Débit d'1 capillaire: 0,418 litre par arrosage
- Nombre de fréquences par jour : 5

**0,418 litre X 270 capillaires = 112,86 l X 5
fréquences =**

564,3 l par jour

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

4.3 Déterminer le temps pour vider les cuves d'engrais

- Données techniques :

DJ = Débit /jour : 564 l

VC = Volume cuve engrais : 200 litres

Ri = Réglage d'injection des pompes doseuses : 1,5 % .

L'injection peu varier suivant la conductivité et aura une influence sur la consommation de la cuve d'engrais

- Débit Consommé de la cuve / jour

Formule : $(DJ \times Ri) / 100$

$564 \text{ litres} \times 1,5 = 846 / 100 = 8,46 \text{ litres / jour}$

Par jour on consomme 8,46 litre du volume de la cuve

- Temps pour consommer le volume de la cuve à engrais

$200 \text{ litres} / 8,46 = 23$

Il faut 23 jours pour vider la cuve

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

4.4 Déterminer la quantité d'engrais

- Calculer le volume d'eau pour vider les cuves d'engrais
 - Quantité d'eau par jour : **564 l**
 - Nombre de jours pour vider une cuve : **23 jours**

$$564 \times 23 = \mathbf{12\ 972\ litres}$$

- Multiplier le volume d'eau total par la quantité d'engrais

Engrais	en meq	masse molaire	En mg/litre	quantité d'eau en litres	quantité d'engrais en kg
nitrate de potassium	6,5	101	656,5	12972	8,5
nitrate de calcium	6,5	98	637		8,2
sulfate de potassium	2,5	174	435		5,6
MKP	1,04	136	141,44		1,8

44

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

- Les quantités d'engrais seront :
 - 8,5 kg de nitrate de Potassium
 - 8,2 kg de nitrate de Calcium
 - 5,6 kg de sulfate de Potassium
 - 1,8 kg de MKP

« Total d'engrais 24,5 kg »

**contre 50 kg pour une solution standard
(25 kg d'engrais complet et 25 kg de calcinit)**

**La dose d'eau est déterminante car elle définit la quantité
d'engrais à apporter**

Perfectionnement 2 SM 1

Gestion nutrition, irrigation et drainage

