



Ministère de
l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation
**Direction régionale de la
Montérégie, secteur Ouest**

ACIDES, ENGRAIS ET MYSTÈRES....

Par *Liette Lambert*, agronome
MAPAQ St-Rémi
1994, mise à jour 2000

Les acides et les engrais acidifiants sont deux avenues possibles pour conserver le pH à un niveau acceptable pour la plante. Avec les acides, la réaction se produit dans l'eau d'irrigation. Avec les engrais azotés, cela implique la présence de racines de plantes car la réaction n'est pas chimique mais physiologique. L'objectif ultime: obtenir un pH ajusté au besoin de la plante, peu importe le milieu de culture. Son état de santé en dépend car à bon pH, bonne nutrition minérale.

En saisissant bien la dynamique propre aux acides et aux engrais acidifiants, il est plus facile de choisir l'option la plus avantageuse pour vous. Dans certains cas, seul les engrais acidifiants suffiront à donner satisfaction. Dans d'autres, il sera judicieux de combiner l'effet des acides et des engrais pour stabiliser le pH. A vous de choisir!

Avez-vous vraiment besoin d'utiliser de l'acide? Peut-être!

C'est d'ailleurs dans cet état d'esprit que vous devrez vous plonger lors de cette lecture pour obtenir la réponse. Une autre question "brûlante" fait généralement suite à la première :

Quel est le meilleur acide: nitrique, phosphorique, sulfurique, citrique, acétique (vinaigre)?

POURQUOI AI-JE BESOIN D'ACIDIFIER L'EAU D'IRRIGATION?

Il existe plusieurs raisons qui justifient l'acidification de l'eau d'irrigation. La plus importante d'entre toutes est la disponibilité et la solubilité des éléments nutritifs. Si le pH du milieu dans lequel baigne les racines n'est pas adéquat, les éléments nutritifs seront moins disponibles à la plante (tableau 2). Par conséquent, vous verrez apparaître des symptômes de carences, d'excès ou de déséquilibres fonctionnels comme un retard dans la floraison par exemple. Un premier réflexe est probablement d'ajouter encore un peu d'engrais. Mais le résultat escompté se fait attendre et les plants semblent de plus en plus mal en point. Que faire?

Une bonne réaction est de faire analyser votre eau d'irrigation. En culture hydroponique, tant que le pH oscille entre 5.5 et 6.5 selon les cultures, tout va bien. Mais attention, lorsqu'il y a un substrat, il faut tenir compte des facteurs qui influencent le pH du milieu dans lequel baigne les racines de vos protégées! C'est là que l'alcalinité entre en scène.

RETENEZ QUE: Ce n'est pas le pH de l'eau mais son ALCALINITE qui va influencer le pH du sol.

ALCALINITÉ ET PH

Cette notion d'alcalinite, quelque peu négligée, a plus récemment refait surface et avec raison. Pour l'imager, disons qu'il agit comme pouvoir tampon de l'eau, même si cette notion de pouvoir tampon réfère au sol. Il a la même signification que le pouvoir tampon du sol qui est de résister à toute variation de pH. Ainsi, tout acide ou agent acidifiant va d'abord neutraliser l'alcalinité de l'eau et donc son effet tampon. La réaction produit alors de l'eau (H₂O) et du CO₂ (dioxyde de carbone) qui est libéré dans l'air. Tant que l'acide n'a pas maîtrisé les ions responsables de l'alcalinité, le pH ne bouge pratiquement pas. Puis subitement, la réaction est presque spontanée et le pH baisse rapidement. Maintenant, l'acide acidifie!

Pour simplifier les calculs, l'alcalinité est exprimée en termes de mg/litre (ppm) de carbonate de calcium (CaCO₃), ce qui est en fait de la chaux agricole. Mais en réalité, l'alcalinité représente surtout des ions bicarbonates de calcium et de magnésium (Ca(HCO₃)₂ et Mg(HCO₃)) dissous dans l'eau. Ils se transforment par la suite en un précipité (insoluble) de carbonates de calcium (CaCO₃) et de magnésium (MgCO₃).

Et çà, c'est de la chaux.

Quand vous ajoutez de l'acide pour neutraliser l'alcalinité, vous libérez du même fait le calcium et le magnésium qui, sinon, restent emprisonnés par le bicarbonate. Vous comprendrez alors qu'il est très important de "casser" cette alcalinité qui empêche le calcium et le magnésium d'être disponibles à la plante.

Faites-vous maintenant le lien entre les dépôts blanchâtres sur vos feuilles (=chaux) et sur le contour de vos contenants (=chaux). En séchant, tous ces bicarbonates se transforment automatiquement en chaux calcique et dolomitique...à moins que vous ne les ayez "cassé" avec un acide avant d'arroser!

Le pH signifie potentiel Hydrogène. Il ne vous donne qu'une mesure des ions H⁺ (hydrogène) et OH⁻ sur une échelle de 0 à 14. En son centre, un pH de 7 représente la neutralité où les ions H⁺ égalent les ions OH⁻. Quand les ions H⁺ dominent, le pH devient acide et descend au-dessous de 7. A l'opposé, plus les ions OH⁻ augmentent, plus le pH suit la même tendance. On dit alors qu'il devient alcalin ou basique car il est supérieur à 7.

Il ne faut pas confondre alcalin et alcalinité. Comme vous voyez au tableau 6, ces deux notions n'ont pas du tout la même signification. A pH de 8.0 ou de 7.3, on peut retrouver une même alcalinité de 244 ppm de carbonate de calcium. Pour un même pH de 7.6, l'alcalinité peut être de 212 ou encore de 366. N'oubliez pas que le pH est une mesure de l'acidité de l'eau alors que l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH.

HYDROPONIQUE OU SUBSTRAT?

Si les racines baignent dans l'eau d'irrigation à laquelle vous avez ajouté des éléments fertilisants (culture hydroponique ou NFT pour "Nutrient Film Technic"), pas de problème: le pH

de l'eau est votre guide. Et si le substrat agit comme une passoire dans laquelle s'écoule l'eau ou la solution fertilisante, considérez-le au même titre qu'une solution hydroponique. En fait, un tel substrat ne sert que de support aux racines. Il est considéré comme de la matière inerte car il n'a aucun pouvoir tampon. Il n'emmagasine rien et n'échange rien avec son milieu. C'est le cas notamment du sable, de la laine de roche (la plupart sauf exceptions), de la perlite et de l'argile expansée. Dans la même veine, quand les racines des plantes cultivées en multicellules ("plugs") envahissent l'espace alloué, cela en devient presque de la culture hydroponique. La quantité de substrat est tellement réduite qu'il joue davantage un rôle de support aux racines.

En général, une alcalinité maintenue entre 80 et 120 ppm est tout à fait recommandable. Évidemment, plus le contenant est petit, plus l'alcalinité de l'eau influencera le pH du terreau. Le tableau 4 vous donne une idée du niveau d'alcalinité acceptable selon la dimension des contenants.

Si votre milieu de culture a un certain pouvoir d'absorber et de retenir des éléments, il possède également le pouvoir de résister à toutes variations de pH: c'est le pouvoir tampon du sol. Des milieux contenant de l'argile ou riches en matière organique, à base de tourbe brune (plus décomposée) ou de terre noire, offrent une grande résistance à tout changement de pH du milieu. Alors, même si l'eau d'arrosage a un pH élevé, cela ne veut pas dire que le terreau prendra nécessairement le pH de l'eau d'arrosage. C'est à ce moment que l'alcalinité de l'eau intervient. Elle influence le pH du substrat car les bicarbonates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau d'arrosage se transformeront en chaux dans le substrat. Résultat: le pH augmente d'autant que le pouvoir tampon du sol est faible.

En culture hydroponique, la question ne se pose pas vraiment. Toutefois, il est important que l'eau ait un certain pouvoir tampon pour éviter des variations trop importantes de pH. La plupart des engrais ont une réaction physiologique acidifiante sur le milieu. En l'absence d'alcalinité ou pouvoir tampon de l'eau, comme c'est le cas avec l'eau de pluie, le pH oscille constamment à la hausse, à la baisse, bref au gré des multiples réactions chimiques de la solution d'irrigation. Certaines cultures plus sensibles que d'autres à de telles variations de pH risquent de devenir aussi vasculantes que l'eau. Une recommandation minimale de 50 ppm de carbonate de calcium dans l'eau permet d'éviter une telle situation.

En culture sur substrat, il est important d'évaluer la vitesse à laquelle l'alcalinité de l'eau va opérer un changement sur le pH du sol. Cela variera en fonction de plusieurs paramètres culturels: type de substrat et son pouvoir tampon, durée de la culture, écart de pH toléré par la culture, fréquence et mode d'irrigation (goutte à goutte, rampe d'irrigation), pouvoir acidifiant des engrais utilisés.

VALEURS D'ALCALINITÉ

La région du sud-ouest de Montréal présente des eaux souterraines généralement riche en calcium (60 à 100 ppm) et en magnésium (20 à 40 ppm). Le pH oscillent entre 7.3 à 8.0 avec une alcalinité moyenne de 260 ppm. Des eaux qu'il faut "corriger". Dans la région de Vaudreuil-Soulanges, la plupart des eaux souterraines ont des teneurs excessives en sodium (40 ppm et plus). Un excès de sodium dans le substrat nuit à l'absorption du calcium, magnésium, potassium. Comme il détruit la structure du sol (défloculation) et augmente inutilement la salinité des eaux d'irrigation, c'est un élément indésirable. Par contre, pour ce qui est des

autres éléments, ils peuvent contribuer au régime de fertilisation. Référer à la conférence de M. Jean-Benoît Parr, agr., sur la Qualité de l'eau. Mais comme dans toutes bonnes choses, l'excès n'est jamais souhaitable. Le tableau 2 indique les quantités acceptables dans l'eau d'irrigation.

Le tableau 5 donne une moyenne de l'alcalinité-pH-calcium-magnésium-sulfates-sodium pour 18 échantillons d'eaux d'irrigation prélevés en 1993. Ils proviennent principalement des localités desservies par les bureaux locaux de St-Rémi (8) et de Ste-Martine (10). Comme vous le constatez, alcalinité ne va pas nécessairement de paire avec le pH. Vous en avez maintenant la preuve.

EST-CE VRAIMENT NÉCESSAIRE D'ACIDIFIER?

Dans bien des cas, l'acidification n'est pas justifiée en dépit d'une alcalinité de l'eau élevée. Par exemple:

- si le substrat possède un bon pouvoir tampon (tourbe brune par exemple),
et que le contenant est d'assez bonne dimension;
- si la culture s'opère sur une courte durée (ex: 10 semaines);
- si la culture est peu sensible à un pH plus élevée;
- si la plupart des engrais utilisés sont acidifiants (à base d'ammonium, d'urée et de sulfates).

Dans d'autres cas, l'acidification de l'eau règle bien des problèmes.

Par exemple:

- si le volume du substrat est réduit (en multicellules);
- si votre eau est très calcaire pour éviter la formation de précipités qui vont obstruer les fines buses de votre rampe d'arrosage et les émetteurs du système d'irrigation goutte à goutte (colmatage);
D'ailleurs, veillez à reprendre le pH de la solution à la sortie des buses. En contact avec l'air, une partie du CO₂ contenue dans la très fine goutelette d'eau s'évapore et le pH augmente.
- si vous arrosez par aspersion, pour éviter les dépôts de chaux sur le feuillage, ou encore améliorer l'absorption des éléments fertilisants.

AVEC QUOI ACIDIFIER?

ENTRONS MAINTENANT DANS LE MONDE DES ACIDES.

L'ACIDE NITRIQUE (HNO₃)

C'est la Cadillac des acides bien qu'il soit très corrosif et extrêmement dangereux à manipuler. Très réactif, il ne forme aucun précipité et apporte de l'azote sous forme de nitrates (tableau 1). Il se vend en différentes concentrations dont la plus disponible est celle à 67% ou 68%.

L'ACIDE PHOSPHORIQUE (H₃PO₄)

Contrairement à l'acide nitrique qui acidifie de façon stable, l'acide phosphorique va réagir facilement à tout changement de pH en le modifiant comme un tampon. Plus le pH augmente, plus il a tendance à former des précipités avec tout ce qui s'appelle calcium, magnésium et éléments mineurs non chélatés (ex: fer, manganèse, zinc). Plus il est en contact avec du calcium et du magnésium, notamment à des pH élevés, plus il formera des précipités de phosphates de calcium et de magnésium. Comme vous l'avez vu précédemment, les eaux du sud-ouest de Montréal en contiennent des quantités très importantes. Tous les phosphates que vous additionnez à l'eau risquent évidemment de réagir de la sorte. Que faire alors? Assurez-vous d'atteindre et de maintenir le pH de la solution à 5.8 à 6.0 quand vous utilisez l'acide phosphorique. Dans cette zone, l'acide est sous sa forme la plus soluble, ce qui lui évite de former des précipités. Plus le pH augmente et plus le phosphore se retrouve sous une forme de moins en moins soluble.

En plus d'être sécuritaire, il apporte du phosphore. C'est d'ailleurs sa contrainte numéro 1. Cet élément majeur ne doit pas être fourni en trop grande quantité, surtout en cultures ornementales et en multicellules. Il est en effet reconnu qu'il favorise l'élongation des tiges. Des plants trop longs, ce n'est pas ce que l'on recherche! Malgré cet inconvénient, il joue un rôle très important dans les processus vitaux des plantes, dans la floraison et l'enracinement. Une fertigation normale en multicellules contient normalement de 2 à 15 ppm de phosphore selon les cultures, l'effet recherché et le stade de croissance. Si l'eau contient beaucoup de calcium, il peut laisser des dépôts sur le feuillage à la suite de la formation de précipités de phosphate de calcium.

L'ACIDE SULFURIQUE (H₂SO₄):

C'est sans contredit l'acide le plus utilisé. Bien qu'offert en différentes concentrations, le favori reste l'acide à batterie (35%). Facilement disponible, action rapide: voilà sa combinaison gagnante. Mais il a bien ses petits défauts. Il n'est pas suggéré d'inhaler quelques bouffées de cet acide concentré bien sûr. Il apporte du soufre sous forme de sulfates. Les eaux de la région en contiennent déjà, ainsi que plusieurs engrais très utilisés dont le sel d'epsom (sulfate de magnésium). Il risque donc de s'élever à des niveaux toxiques pour certaines plantes.

On sait que les sulfates se lient très facilement au calcium pour former du gypse. Ce composé, extrêmement insoluble, forme des microcristaux invisibles à l'oeil nu. Ils s'agglutinent pour former des macrocristaux qui peuvent obstruer les goutteurs et les émetteurs. Il est alors recommandé d'arroser peu de temps après avoir acidifié avec l'acide sulfurique. Cependant, selon certaines observations, le gypse ne se formerait qu'à des concentrations très élevées de sulfates. Si une eau riche en sulfates contient plus de 40 ppm de sodium, un autre précipité se formera et déformera les plantes cultivées en multicellules. Tout comme l'acide sulfurique, une eau riche en calcium peut laisser des dépôts foliaires de sulfate de calcium (gypse).

L'ACIDE CITRIQUE (C₆H₈O₇):

Vous le connaissez tous: c'est l'équivalent du jus de citron concentré. Evidemment il est plus que sécuritaire et ne fournit aucun élément minéral. Toutefois, il a deux "emplois": agent chélatant à temps plein et acide à temps partiel. Il chélate les ions possédant 2 charges positives soient le cuivre, manganèse, fer, zinc, calcium et magnésium. Seul le bore et le molybdène n'ont pas sa protection spéciale car ils sont chargés négativement. La question que vous vous posez maintenant doit être: *"Mais, qu'est-ce qu'un agent chélatant?"*

"C'est ni plus ni moins qu'un enrobage chocolaté". Un chélatant est une protection jusqu'à destination, une sorte d'assurance contre les accidents, comme le dit si bien M. Claude Gélinas, agr., dta, Président de Phyto Ressources et spécialiste dans le domaine.

Saviez-vous qu'il existe des quantités phénoménales d'agents chélatants dans la nature. La chlorophylle des plantes et l'hémoglobine du sang en sont deux exemples. Un projet sur l'utilisation de l'acide citrique, réalisé par l'équipe de Développement et Transfert technologique en cultures abritées, a permis de constater que son effet acidifiant est de bien courte durée: deux ou trois jours tout au plus. Pour cette raison, il ne peut être utilisé en culture hydroponique ou tout autre milieu semblable (sable, perlite...) car le pH doit nécessairement être assez stable.

Cet acide doux aux possibilités multiples possède encore bien des mystères. Il semble très avantageux car il favorise l'absorption de plusieurs éléments essentiels à la croissance des plantes. Bien qu'il ait une double vie, il neutralise malgré tout l'alcalinité de l'eau, respectant ainsi sa fonction d'acide. Il peut aussi chélater les éléments mineurs contenus naturellement dans l'eau pour une meilleure absorption foliaire. Sa réaction acidifiante est de courte durée et l'on observe une remontée graduelle du pH. Par contre, de par ses qualités d'agents chélatants, il peut être avantageux de le jumeler à un autre acide. Il réduit comme tout autre acide les bicarbonates de l'eau, empêchant ainsi la formation de dépôts de chaux qui tachent les feuilles. Il chélate le calcium, alors beaucoup mieux absorbé par le feuillage.

L'ACIDE ACÉTIQUE (CH₃COOH) OU VINAIGRE:

Cet acide faible n'est pas tellement recommandable car ça vous en prendrait trop pour neutraliser trop peu d'alcalinité. Il possède beaucoup plus une fonction d'agent mouillant (surfactant ionique) qu'autres choses. Mme Jocelyne Lessard, agronome, Club de Production 07, a également observé que le vinaigre pouvait être efficace contre la maladie bactérienne Xanthomonas dans les plantes vertes lorsqu'utilisé en pulvérisation foliaire selon une dilution de 1: 100 (1 litre de vinaigre dans 100 litres d'eau).

QUEL ACIDE CHOISIR?

Là est toute la question et vous possédez maintenant presque tous les éléments pour y répondre. Il ne vous reste qu'à évaluer globalement votre situation pour prendre une sage décision. Il est évident que d'autres facteurs tels que le prix de l'acide, le type d'injecteur s'il y a lieu et les dangers d'utilisation pencheront également dans la balance.

COMMENT CALCULER L'ALCALINITÉ À NEUTRALISER?

- Il vous faut d'abord et avant tout connaître l'alcalinité de votre eau d'irrigation et évaluer s'il est nécessaire d'acidifier dans vos conditions.
- Puis évaluer la quantité d'alcalinité à neutraliser avec l'acide de votre choix. Les TABLEAUX 1 et 4 guideront votre choix.
- Et maintenant, procéder au calcul. Voici un exemple:

CALCUL POUR 1000 LITRES D'EAU:

Culture d'annuelles en multicellules
Analyse d'eau: 315 ppm d'alcalinité
Acide choisi: sulfurique 35%
Sulfates contenus dans l'eau: 54 ppm
Alcalinité désirée: 80 ppm
Alcalinité à neutraliser: 315 ppm - 80 ppm = 235 ppm

LE TABLEAU 1 INDIQUE QUE:

221 ml d'acide sulfurique 35% neutralise 100 ppm d'alcalinité
Combien vont neutraliser 235 ppm d'alcalinité?

SIMPLE RÈGLE DE 3

$$\frac{221 \text{ ml} \times 235 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} = 519 \text{ ml d'acide sulfurique 35\% dans 1000 litres}$$

Or, l'acide sulfurique apporte également des sulfates. Le tableau 1 indique les quantités apportées pour 100 ml d'acide dans 1000 litres d'eau soit 43 ppm de sulfates. Donc, dans 519 ml, vous en apportez $(43 \times 519 \text{ ml}) / 100 \text{ ml} = 223 \text{ ppm}$ de soufre ou sulfates (SO_4). A ceci s'ajoutent les quantités contenues dans l'eau pour 54 ppm en plus de celles contenues dans les engrais. Vous avez donc un minimum de 277 ppm de sulfates. Dépendamment du niveau de tolérance des cultures, ces résultats sont élevés mais dans les normes quand même acceptables. Ces chiffres servent d'indicateurs car certaines cultures comme la tomate tolèrent des seuils beaucoup plus élevés sans problème.

DEUX RÈGLES À NE PAS OUBLIER

RÈGLE NO 1: AJOUTER TOUJOURS L'ACIDE À L'EAU = BRAVO!
JAMAIS L'INVERSE...ÇA RISQUE D'EXPLOSER!!!

RÈGLE NO 2: INJECTER L'ACIDE AVANT L'ENGRAIS, C'EST VRAI!
POUR ÉVITER DE FORMER DES PRÉCIPITÉS.

(Référer à la conférence sur les injecteurs de M. Alain Cécyre, agr., Plant Prod Québec)

On pourrait, de façon imagée, dire que la majorité des eaux du sud-ouest de Montréal sont massivement chaulées (tableaux 5-6). Votre eau vous apporte des engrais comme le calcium et le magnésium, sans qu'il ne vous en coûte un sou. Encore faut-il les garder sous forme assimilable par la plante et c'est un des nombreux avantages de l'acidification de l'eau.

LES ENGRAIS ACIDIFIANTS

Les engrais dont la forme d'azote est sous forme urée/ammoniac provoquent une réaction acidifiante dans le terreau ([tableau 9](#)). Cette réaction ne se produit que lorsque l'azote entre en contact avec les racines d'une plante. Et pourquoi l'azote est-il l'élément moteur dans cette réaction? Simplement parce que les ions ammonium (+) et nitrate (-) représentent 70% des cations (charge positive +) et des anions (charge négative -) prélevés par la plante. En fait, c'est la forme de l'azote, urée-ammonium (NH_4^+) ou nitrate (NO_3^-), qui entraîne le pH à la hausse (basique) ou à la baisse (acide). Quand la racine absorbe un ion ammonium (NH_4^+), elle rejette du même coup un ion hydrogène H^+ . Quand elle absorbe un ion nitrate (NO_3^-), elle rejette alors un ion hydroxyle (OH^-). Ce n'est qu'un simple échange pour équilibrer sa charge électrique dans ses tissus. Elle prend un - et rejette un -: le pH augmente (réaction basique). Elle prend un + et rejette un +: le pH diminue (réaction acide).

Outre l'azote, d'autres ions contribuent à l'acidification. Il s'agit du soufre. Il ne réagit pas comme l'azote avec la racine des plantes. Il subit plutôt l'action des microorganismes qui le métabolisent pour former de l'acide sulfurique qui acidifie. On utilisera donc, exceptionnellement et pour des besoins très spécifiques, le sulfate de fer (1.5 grammes par litre) en mouillage du sol, pour obtenir une acidification rapide du terreau, en prenant soin de laver le feuillage à l'eau immédiatement après le traitement. Ce traitement provoque une chute rapide du pH pouvant causer des dommages à certaines plantes et il est contre-indiqué dans la culture des multicellules.

Le potentiel acidifiant d'un engrais est exprimé en fonction de la quantité de chaux (carbonate de calcium) nécessaire pour neutraliser l'acidité d'une tonne de cet engrais. Quant au potentiel basique, on se sert de l'équivalent en chaux (carbonate de calcium) requis pour obtenir le même effet alcalin. Toutes ces valeurs sont présentées au [tableau 9](#). A titre d'exemple, 1100 kg de chaux sont requis pour neutraliser l'acidité occasionnée par une tonne de 21-0-0. C'est un des engrais les plus acidifiants sur le marché. D'autres se rapprochent de la neutralité comme le 15-15-30. Et le 12-0-44 est légèrement basique car 207 à 254 kg (selon les compagnies) de chaux donnerait le même effet alcalinisant.

Des tests réalisés dans une culture de géranium en pot de 6 pouces ont bel et bien démontré l'effet des engrais selon le contenu de l'eau en bicarbonates. Ainsi, avec un engrais basique 15-0-0 additionné à une eau contenant 50 ppm de bicarbonates, le pH demeure stable. Par contre, il augmente rapidement lorsque le contenu de l'eau en bicarbonates s'élève à 300 ppm. On observe le scénario inverse avec un engrais acidifiant de type 20-10-20, puisque le pH demeure stable même si l'eau contient 350 ppm de bicarbonates. Evidemment, le pH diminue rapidement si l'eau n'en contient que 50. Cette expérience met bien en évidence l'intérêt de tenir compte de l'effet des engrais sur le pH final de votre production. On observe également une acidification du terreau plus rapide quand il fait chaud.

Et maintenant, que répondez-vous à la question du début: "Est-ce nécessaire dans vos conditions d'acidifier votre eau d'irrigation? " Ou pourriez-vous simplement utiliser un engrais acidifiant qui maintiendra le pH à un niveau acceptable tout au long de la production. Vous êtes seul(e) juge en la matière en raison des nombreux facteurs que cela implique et surtout, du produit final désiré. Vous ne voulez plus de dépôts calcaires qui tachent le feuillage, de déséquilibres des éléments fertilisants... C'est déjà deux bonnes raisons pour analyser de plus près votre situation. Quelques analyses d'eau, de solutions fertilisantes, de substrat et vous avez de bons outils en main pour prendre une décision payante. En bout de ligne, vous serez gagnant(e) avec un produit fini de qualité.

Tableau 1: Neutralisation de l'alcalinité avec les acides et PPM apportés par 100 ml d'acide

ACIDE	CONCENTRATION ³		² Quantité pour neutraliser			PPM apportés	
	%	d'acide	100 ppm CaCO ₃ dans 1000 litres	grammes	ml	par	100 ml
<u>NITRIQUE</u> (HNO ₃)	67		187	131	28 ppm	21 ppm de N d'azote (N)	
<u>PHOSPHORIQUE</u> (H ₃ PO ₄)	85		223	131	58 ppm	44 ppm de P de phosphore (P)	
<u>SULFURIQUE</u> SO ₄ (H ₂ SO ₄)	35		280	221	32 ppm S	43 ppm	
	93			105	57	32 ppm S	(SO ₄ = sulfates)
<u>CITRIQUE</u> (C ₆ H ₈ O ₇)	100	ANHYDRE ¹	192	-	-		
	50	LIQUIDE	384	310	-		

1 PRODUIT SOLIDE ;

2-TOUTES LES DONNÉES DU TABLEAU CONCERNANT LES CONCENTRATIONS ET LES QUANTITÉS POUR NEUTRALISER 100 PPM DE CaCO₃ PROVIENNENT DE M. CLAUDE GÉLINAS, AGR.

NOTE SUR LE CALCUL DES PPM DE L'ÉLÉMENT FOURNIS PAR L'ACIDE DANS 1000 LI.

mL d'acide (g/L) X densité (ou g/1000 L)= ppm de l'acide X % élément présent = X ppm par 1000

EXEMPLE: ACIDE NITRIQUE 68%: 200 ml X 1.40 = 280 ppm X 14.9% d'azote (N) = 42 ppm N

Tableau 2: Normes d'interprétation d'une analyse d'eau pour la production de plants en multicellules

Elément	Valeurs désirables (< signifie inférieur à)
pH	5.5-6.5
Salinité (mS)	< 1,0
Azote (NO ₃ ⁻)	< 5,0
Phosphore (PO ₄ ⁻³)	< 5,0
Potassium (K ⁺)	< 10
Calcium (Ca ⁺²)	< 120
Magnésium (Mg ⁺²)	< 25
Chlorures (Cl ⁻)	< 80
Sulfates (SO ₄ ⁻²)	< 240
Alcalinité (équivalent CaCO ₃)	< 40-80
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	< 80
Sodium (Na ⁺)	< 40
Fer (Fe ⁺²)	< 2,0
Borate (H ₂ BO ₃ ⁻)	< 4,0
Zinc (Zn ⁺²)	< 0,5
Manganèse (Mn ⁺²)	< 2,0
Cuivre (Cu ⁺²)	< 0,2
Aluminium (Al ⁺³)	< 2,0
Molybdène (Mo)	< 0,02
Fluor (F ⁻)	< 1,0

Tableau tiré du livre: Les techniques de culture en multicellules. 1999. IQDHO

Tableau 3: Principaux problèmes causés par un déséquilibre du pH

pH trop bas (< 5.5)	pH trop élevé (> 6.5)
<i>Risques d'intoxication en:</i>	<i>Risques de carence en:</i>
Fer	Fer
Manganèse	Manganèse
Zinc	Zinc
Cuivre	Cuivre
Ammoniac (NH ₄)	Bore
<i>Risques de carence en:</i>	
Calcium	
Magnésium	
<i>Risques de lessivage en:</i>	
Phosphates (PO ₄)	

Tableau tiré du livre: Les techniques de culture en multicellules. 1999. IQDHO

Tableau 4: Normes d'alcalinité selon la dimension du contenant

CONTENANT	VALEURS* (ppm CaCO ₃)		ECART ACCEPTABLE* (ppm CaCO ₃)
	MIN.	MAX.	
multicellules	40	120	60 à 100
petits pots	40	140	80 à 120
pots 4 et 5 po	40	160	100 à 140
pots 6 po et +	60	200	120 à 180

Ces données peuvent varier en fonction de la culture, du substrat, de la fertilisation et de l'irrigation.

Source: Article paru dans *Greenhouse Manager*, Fév. 1991 de GRACE-SIERRA HORTICULTURAL PRODUCTS CO.

* Les valeurs sont exprimées en parties par million (ppm) d'équivalents de carbonate de calcium (CaCO₃)

Tableau 5 : Moyenne des résultats d'analyses en ppm des eaux d'irrigation en 1993 (BRA de St-Rémi et de Ste-Martine)

Alcalinité ¹	pH	calcium	magnésium	sulfates	sodium
262	7.6	87	33	102	31

1. Moyenne de 18 analyses Laboratoire du MAPAQ de Rock Forest, 1993. Par Liette Lambert, agr.

Tableau 6: Valeurs d'alcalinité et de pH basées sur 16 analyses d'eau d'irrigation (BRA St-Rémi, BRA Ste-Martine, 1993)

ALCALINITE (ppm)	pH
198	7,4
212	7,6
222	7,8
222	8,0
226	7,7
240	7,3
244	8,0
244	7,3
248	7,2
268	7,3
272	8,0
286	7,9
290	7,8
322	7,9
336	7,9
366	7,6

¹ Résultats obtenus du Laboratoire du MAPAQ de Rock Forest, 1993. Par Liette Lambert, agr.

Tableau 7: Prix approximatifs des acides (2000)

ACIDE	COÛT	TYPE(s) DE CONTENANT
▲ acide sulfurique 35%	11 à 14 \$	20 litres (= 25 kg)
▲ acide sulfurique 93%	21 \$	35 kg
▲ acide phosphorique 85%	59 à 62 \$	32 kg et 34 kg (= 20 litres)
▲ acide nitrique 67.4% (dépôt de 300 à 450\$ li) baril en acier inoxydable et ajout de 20\$ pour adaptateur et robinet de plastique)	68 à 99 \$ 102 \$	77 kg 6 bouteilles de 2,5 litres (= 15
▲ acide citrique 100% (poudre)	90 à 100 \$	25 kg
▲ acide citrique 50% (liquide)	60 \$	2 contenants de 10 litres

Tableau 8: Quantité (ml) ou coût de l'acide pour neutraliser 100 ppm d'alcalinité dans 1000 litres d'eau

	QUANTITÉ	COÛT (\$)
-ACIDE SULFURIQUE 35%	221 ml (=280 gr)	0.12 à 0.16
-ACIDE SULFURIQUE 93%	57 ml (=105 gr)	0.06
-ACIDE PHOSPHORIQUE 85%	131 ml (= 223 gr)	0.39 à 0.43
-ACIDE NITRIQUE 68%		
⇒ avec contenant 77 kg	133 ml (=187 gr)	0.17 à 0.24
⇒ avec 6 contenants de 2.5 litres	idem	0.90
-ACIDE CITRIQUE 100%	192 gr	0.71 à 0.79
-ACIDE CITRIQUE 50%	306 ml (=384 gr)	0.93

Tableau 9: Impact des engrais sur le pH

Peters	engrais	NO ₃	Urée-NH ₄	N	* IMPACT Alcalin	** IMPACT Acide
* <i>IMPACT ALCALIN: On obtient le même effet en appliquant une tonne d'engrais qu'en appliquant cette quantité (kg) de carbonate de calcium</i>						
** <i>IMPACT ACIDE: Quantité (kg) de carbonate de calcium nécessaire pour neutraliser l'acidité occasionnée par l'utilisation d'une tonne d'engrais.</i>						
Plant starter	9-45-15	0%	9%	9,0%	0	401
Cut mum special	12-0-44	12%	0%	12,0%	207	0
Nitrate de Potassium	13-0-44	13%	0%	13,0%	215	0
Dark weather feed	15-0-15	13%	2%	15,0%	157	0
Poinsettia peat-Lite	15-5-25	11%	4%	15,0%	0	15
Geranium special	15-15-15	7%	8%	15,0%	0	102
Peat-Lite special	15-16-17	8%	7%	15,0%	0	81
Poinsettia finisher	15-20-25	8%	8%	15,0%	0	112
Hi-phos special	15-30-15	4%	11%	15,0%	0	273
Nitrate de calcium	15.5-0-0	16%	0%	15,5%	165	0
Lys de Pâques	16-4-12	10%	6%	16,0%	31	0
Hi-Cal Peat-Lite special	20-0-20	11%	9%	20,0%	13	0
Potash special	20-5-30	9%	11%	20,0%	0	50
Tout usage	20-10-20	12%	8%	20,0%	0	162
Peat lite special	20-10-20	12%	8%	20,0%	0	164
Tout usage *** reviser	20-20-20	12%	13%	25,0%	0	227
Acid special	21-7-7	14%	1%	15,0%	0	643
Azalée neutre	21-7-7	13%	2%	15,0%	0	152
Tropical foliage	24-8-16	10%	14%	24,4%	0	276
Fertilisant foliaire	30-10-10	3%	2%		0	471
Excel 10-0-0	10-0-0	10,0%	0,0%	10,0%	147	0
Excel 15-0-0	15-0-0	14,0%	1,0%	15,0%	163	0
Excel 13-2-13	13-2-13	11,9%	1,1%	13,0%	141	0
Excel 14-5-38	14-5-38	11,9%	2,1%	14,0%	127	0
Excel 15-2-20	15-2-20	12,7%	2,3%	15,0%	100	0
Excel 15-5-15	15-5-15	11,8%	3,3%	15,0%	58	0
Excel 20-5-19	20-5-19	12,1%	7,9%	20,0%	0	145
Excel 21-5-20	21-5-20	12,6%	8,4%	21,0%	0	161

Plant Prod	engrais	NO ₃	Urée-NH ₄	N	alcalin	acide
Transplanteur	10-52-10	1%	9%	10,0%	0	470
Nitrate de magnésium	10-0-0	11%	0%	10,8%	147	0
Nitrate de potassium	12-0-44	12%	0%	12,0%	254	0
Crystal plug fertilizer	12-2-14	12%	0%	12,0%	200	0
Engrais multicellules	14-0-14	13%	1%	14,0%	168	0
15-0-15 cal pot	15-0-15	14%	1%	15,0%	169	0
Soiless feed	15-15-18	8%	7%	15,0%	0	85
Engrais phoshaté	15-30-15	4%	11%	15,0%	0	340
Poinsettia	17-5-19	11%	6%	17,0%	0	192
Engrais potassique	20-5-30	9%	11%	20,0%	0	60
Toutes saisons	20-8-20	12%	8%	20,0%	0	175
Tout usage	20-20-20			0,0%	0	280
	24-10-20		18%		0	263
	20-2-20		8%		0	250
	21-7-7 acide	2%	19%	21,0%	0	775
	28-14-14	2%	26%	28,0%	0	465
	oligo chelaté	0%	0%	0,0%	0	0
NPK liquide	engrais	NO ₃	Urée - NH ₄	N	alcalin	acide
	0,5 - 5 - 20	1%		0,5%	24	
	9-0-3-3mg-6ca		0%	9,0%		76
	19-0-0	10%	10%	19,0%		
	Agro +	6%	0%	6,0%		
	0-9-18	0%	0%	0,0%		76
Phosphate monoammoniacal	12-62-0		12%	12,0%		
Mn chelaté 13 %	Mn 13 %	0%	0%	0,0%		
Zinc chelaté	Zn 14%			0,0%		
Cuivre chelaté	Cu 14%			0,0%		
Molybdate de soude	Mo 46%			0,0%		
Mn chelaté 13 %	Zn 14%			0,0%		
Zinc chelaté	Cu 14%			0,0%		
Cuivre chelaté	Mo 46%			0,0%		
Fer liquide 3%	Fe 3%			0,0%		

Fison	engrais	NO ₃	Urée - NH ₄	N	alcalin	acide
	15-0-15 +	14%	1%	15,0%		
	17-5-24	12%	5%	17,0%		
	20-9-20	12%	8%	20,0%		
	16-17-17 +	9%	7%	16,0%		
	21-0-20 +	11%	10%	21,0%		
	20-18-20	6%	14%	20,0%		
	20-18-18 +	6%	15%	20,0%		
	24-7-15 +	10%	14%	24,0%		
Krystallon	engrais	NO ₃	Urée - NH ₄	N	alcalin	acide
Brun	3-11-38	3%		3,0%	1,6	
Orange	6-12-36	5%	2%	6,0%	2	
Rouge	12-12-36	10%	2%	12,0%	45	
Jaune	13-40-13	5%	9%	13,0%		214
Blanc	15-5-30	11%	4%	15,0%	8	
Vert	18-18-18	10%	8%	18,0%		
Bleu	19-6-20	12%	7%	19,0%		101
Azur	20-5-10	8%	12%	20,0%		302
Lilas	20-8-8			0,0%		336
Spécial endives	6-12-36	5%	2%	6,0%		
Spécial endives	18-6-24	12%	6%	18,0%		

	engrais	NO ₃	Urée NH ₄	N	alcalin	acide
Sulfate de magnésium	Sel d'Epsom	0%	0%	0,0%		
Sulfate de potassium	0-0-50					
Phosphate de potassium	0-52-34					
Carbonate de Potassium	0-0-47			0,0%		
Molybdate de Na	Molybdate de Na		0%	0,0%		
Nitrate de magnésium	10-0-0 Mg(NO ₃)		0%	10,0%		
	engrais	NO ₃	Urée NH ₄	N	alcalin	acide
Nitrate d'ammoniaque	34-0-0	17%	17%	34,0%		600
Urée	46-0-0		46%	46,0%		840
Sulfate d'ammoniaque	21-0-0	0%	21%	21,0%		1100
Acide phosphorique	H ₃ PO ₄			0,0%		
Phosphate monoammoniacal	12-62-0		12%	12,0%		
Acide nitrique	H(NO ₃)			0,0%		
Fer chelaté	Fe 13,2%	0%	0%	0,0%		
Sulfate de fer	Fe 20%	0%	0%	0,0%		
Mn chelaté 13 %	Mn 13 %	0%	0%	0,0%		
Zinc chelaté	Zn 14%			0,0%		
Cuivre chelaté	Cu 14%			0,0%		
Molybdate de soude	Mo 46%			0,0%		
	Solubor	0%	0%	0,0%		
	Acide nitrique 68%		0%	15,1%		
	STEM	0%	0%	0,0%		

ProSol	engrais	NO ₃	Urée - NH ₄	N	alcalin	acide
	21-0-0	0%	100,0%			1100
	46-0-0	0%	100,0%			840
	21-7-7	10%	90,0%			775
	21-53-0	0%	100,0%			740
	12-62-0	0%	100,0%			650
	34-0-0	50%	50,0%			590
	9-45-15	0%	100,0%			475
	10-52-10	9%	91,0%			470
	11-41-8	14%	86,3%			460
	28-14-14	15%	85,3%			450
	15-30-15	29%	70,6%			340
	20-20-20	30%	70,5%			280
	20-10-20	60%	40,0%			202
	17-5-19	64%	36,4%			192
	28-8-20 nit	60%	40,0%			175
	28-8-20 for	60%	40,0%			175
	15-15-18	55%	44,6%			85
	20-5-30	44%	56,0%			60
	15-15-30	59%	41,3%			40
	8-20-30	66%	33,7%			14
	7-11-27	93%	7,4%		94	
	6-11-31	100%	0,0%		132	
	18-9-27	45%	55,5%		141	
	14-0-14	92%	8,2%		168	
	15-0-15	93%	7,3%		169	
	15.5-0-0	94%	6,4%		200	
	12-0-44	100%	0,0%		254	
	13.5-0-46	100%	0,0%		260	
	16-0-0	100%	0,0%		290	
	0-52-34	0,0%	0,0%		0	0
	0-0-62	0,0%	0,0%		0	0
	0-0-50	0,0%	0,0%		0	0
	0-20-0	0,0%	0,0%		0	0

L'auteur de tous les tableaux sur "Impact des engrais sur le pH": M. Jean-Paul Soucy, agronome.