

LES GAZ DU SOL

Les chercheurs recherchent le rôle exact de l'oxygène, du dioxyde de carbone et des autres gaz dans le processus de pousse racinaire.

L'interaction entre l'air atmosphérique et l'air du sol joue un rôle essentiel dans les performances des gazons entretenus intensivement et plus particulièrement ceux des greens de golf.

Malheureusement, la relation entre la composition de l'atmosphère du sol et la physiologie des gazons n'est pas parfaitement connue.

Les questions "sans réponse"

- Quels sont les effets des gaz selon différentes concentrations, notamment lors de changements de température ?
- A quel niveau, l'oxygène, le CO₂ et les autres gaz ont-ils une influence sur les performances des greens construits selon le mode USGA ou les greens en terre ?
- Quels sont les paramètres qui déterminent ou influencent l'existence de ces gaz au travers du profil du sol ?

Le sol contient du gaz.

La phase gazeuse correspond à 25% du sol. Cette atmosphère du sol est définie comme suit :

La phase gazeuse du sol correspond au volume du sol qui n'est occupé ni par un liquide, ni par un solide.

Généralement, la composition de l'air du sol est identique à celle de l'atmosphère, avec toutefois deux exceptions : l'oxygène et le dioxyde de carbone. La teneur en ces deux éléments fluctue et est inversement proportionnelle, avec une augmentation du taux de CO₂ résultant de la disparition de l'oxygène (voir tableau 1, page 11)

Qu'est ce qui détermine la concentration gazeuse du sol ?

Les caractéristiques du sol (compaction, humidité, activité racinaire, activité microbienne...) déterminent la concentration en oxygène du sol. Lorsque ce taux d'oxygène est faible, le dioxyde de carbone, le sulfure d'hydrogène et le méthane deviennent plus importants.

• La compaction

La compaction cause quatre changements importants dans la structure du sol :

- 1) réduction de la porosité, donc de l'aération,
- 2) augmentation de la densité du sol,
- 3) augmentation des forces exercées dans le sol,
- 4) dégradation et mauvaise répartition des espaces lacunaires du sol.

• L'humidité

La surirrigation est une pratique courante dans la maintenance des gazons. L'excès d'humidité remplit les espaces lacunaires, réduisant de ce fait la circulation de l'oxygène dans le sol. L'oxygène se déplace dix

mille fois plus rapidement dans l'air que dans l'eau.

La consommation d'oxygène par la respiration et le manque de renouvellement d'air du à l'humidité ambiante, occasionne l'accumulation de gaz toxiques, tels que le dioxyde de carbone et le sulfure d'hydrogène.

• L'activité microbienne et racinaire

Tout comme les mammifères, les racines et les micro-organismes du sol utilisent le carbone et l'oxygène pour donner du dioxyde de carbone. Du fait que les cellules racinaires ne sont pas photosynthétiques, elles nécessitent de l'oxygène pour leur respiration, leur développement et pour l'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs.

Un indicateur précis pour évaluer l'oxygène du sol est le taux de diffusion de celui-ci dans le sol, cela correspond aux échanges entre le sol et l'atmosphère.

Les espèces à gazon sont généralement tolérantes à un faible taux d'oxygène disponible, voire même très faible puisque 0,00000005 grammes d'oxygène par centimètre cube de sol par minute peut suffire.

Durant les mois d'été, les besoins en oxygène des graminées à gazon sont plus importants du fait des températures plus élevées qui sti-

mulent la pousse racinaire et l'activité microbienne, consommatrices en oxygène.

Plusieurs recherches portent sur la corrélation entre la pousse des graminées à gazon et le taux d'oxygène;

Dans l'une de ces études, il est démontré que l'Agrostis stolonifère (*agrostis palustris*) a un déclin proportionnel à l'élévation de température et la diminution du taux d'oxygène. Cependant, les recherches n'ont jamais pu déterminer avec exactitude le pourcentage d'oxygène nécessaire à une bonne croissance. La quantité d'oxygène disponible dans le sol d'un green dépend en grande partie de la structure du sol et des capacités drainantes du profil.

A. Clemenson, en Caroline du Sud, en 1998, nous avons remarqué une fluctuation du niveau d'oxygène de 15 à 21% dans des substrats de type USGA et de 9 à 21% dans des substrats de type terre végétale.

Le taux le plus faible est attribuable au sol en terre végétale dont la densité est plus impor-

DE QUOI EST FAIT L'AIR ? (tableau I)

Un grand nombre de gaz compose la substance appelé "AIR".

Pour la plupart, leur pourcentage dans un air sec et propre correspond au taux de la mer.

| COMPOSANT | POURCENTAGE |
|---------------------------------------|-------------|
| Azote (Nz) | 78,09 |
| Oxygène (Oz) | 20,74 |
| Argon (Ar) | 0,93 |
| Dioxyde de carbone (CO ₂) | 0,0332 |
| Néon (Ne) | 0,0018 |
| Hélium (He) | 0,00052 |
| Méthane (CH ₄) | 0,00015 |
| Krypton (Kr) | 0,0001 |
| Hydrogène (H) | 0,00005 |
| Oxyde Nitreux (N ₂ O) | 0,000033 |
| Monoxyde de Carbone (CO) | 0,00001 |
| Xenon (Xe) | 0,000008 |
| Ozone | 0,000002 |
| Ammoniaque (NH ₃) | 0,000001 |
| Dioxyde d'Azote | 0,0000001 |
| Dioxyde de Soufre | 0,00000002 |

tante et dont le taux d'humidité est le plus élevé.

Bien évidemment, le taux d'oxygène du sol est plus faible en profondeur. De ce fait, s'il est limité, le développement racinaire sera également réduit en profondeur.

Le Dioxyde de carbone : une toxine ?

Le CO₂ représente une faible part de l'atmosphère, à peu près 0,03%. Des niveaux plus importants sont présents dans les sols où le CO₂ produit par la respiration et l'activité s'accumule. Cette accumulation peut parfois atteindre des seuils de toxicité pour le système racinaire.

Les sols, bien aérés, ont généralement moins de dioxyde de carbone, car l'oxygène présent peut diffuser à l'intérieur de tout le profil.

L'humidité du sol influence le taux de CO₂. Lorsque le sol devient saturé, le taux de diffusion d'oxygène réduit, permettant ainsi une augmentation du CO₂.

Généralement, les greens en terre végétale ont un taux de dioxyde de carbone plus élevé que les greens aux normes USGA.

Quoiqu'il en soit, lorsqu'ils sont complètement saturés, tous les types de sol peuvent avoir un taux de CO₂ très élevé.

Plusieurs théories ont tenté d'expliquer comment le CO₂ pouvait occasionner des dégâts aux racines

La théorie la plus plausible consiste à dire que des taux importants de dioxyde de carbone réduisent de manière notable le pH du Cytoplasme des cellules racinaires, interférant ainsi dans l'absorption de l'eau et des nutriments.

De l'eau distillée, saturée en CO₂, offre un pH de 4,0 du fait de la production d'acide carbonique.

De la même manière, le CO₂ entrant dans les cellules de la plante, est à même d'induire une baisse importante du pH du cytoplasme jusqu'à un niveau léthal.

Tout comme pour l'oxygène, quelques recherches sur le CO₂ ont porté sur les effets sur la pousse racinaire des graminées à gazon.

Une étude a démontré qu'un fort taux de CO₂ causait des dommages importants aux racines et donnait une végétation rabougrie.

Une autre étude met en évidence une réduction de l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs en sols saturés en CO₂.

Quoiqu'il en soit, le seuil de toxicité du CO₂ n'est pas exactement connu. Les plantes peuvent toutefois tolérer des augmentations de l'ordre de 10%. Cependant, les espèces destinées aux greens de golf sont confrontées à un stress permanent et ne peuvent se maintenir dans un état satisfaisant, (au niveau racinaire aussi bien qu'au niveau foliaire) à un tel niveau de CO₂.

Des recherches récentes à l'Université de Clemson en Caroline du Sud ont mesuré la pousse racinaire de l'agrostis stolonifère à différents niveaux de CO₂ sur des greens aux normes USGA.

Méthane et sulfure d'hydrogène.

Dans les sols fortement saturés, des émanations gazeuses et toxiques se forment. Lorsque l'oxygène du sol se raréfie, les micro-organismes extraient l'oxygène des autres composés gazeux du milieu pour survivre. Les gaz ainsi formés, appauvris en oxygène sont généralement toxiques pour les plantes (voir tableau II)

Par exemple, la réduction du CO₂ par les micro-organismes du sol, produit du méthane et la réduction du soufre SO₄, génère du sulfure d'hydrogène H₂S. Le méthane et le sulfure d'hydrogène peuvent dépasser les taux de l'atmosphère ambiante dans les sols peu drainés et (ou) surarrosés (voir tableau II)

Le contenu d'un sol humide détermine le potentiel REDOX qui définit à son tour la tendance d'un système à oxyder ou réduire les composés chimiques. (tableau II)

Un haut potentiel REDOX reflète un milieu aérobie ou oxydant, de même qu'un faible potentiel REDOX (voire négatif) indique un milieu anaérobie ou réducteur.

Le potentiel REDOX n'est pas seulement important dans la production du méthane et de sulfure d'hydrogène mais également dans la formation de "Black Layer".

Lorsque le fer est introduit dans le milieu, il se forme des oxydes de fer (fer ferrique FeO)

qui, en présence de conditions anaérobies (réductrices) se transforment en fer ferreux (FeSO₄) générant la "Black Layer".

Améliorer la phase gazeuse du sol

L'amélioration des échanges gazeux du sol est obtenue par des pratiques culturales d'entretien visant à maintenir 25% de vides lacunaires. Plusieurs méthodes peuvent ainsi améliorer cette aération du sol.

• L'aération : de fréquentes aérations sur greens de golf ouvrent le sol et permettent un échange entre l'atmosphère du sol et le milieu ambiant, le remplissant d'oxygène et le purgeant des gaz indésirables, méthane, CO₂, H₂S.

Les différents types d'aération (louchets creux, pointes, lames, socs) et la profondeur d'intervention doivent être panachés pour éviter la compaction et la formation d'horizons très dissemblables dans le sol.

• Les techniques d'arrosage : il faut maintenir les greens aussi secs que possible. Plus le sol sera sec et plus l'oxygène sera présent. En présence d'un sol saturé en eau et plus particulièrement en période chaude, les risques de formation de gaz toxiques sont importants.

Les mouvements de l'air du sol

La possibilité de mettre, de façon artificielle de l'air dans le sol ou de l'en extraire permet une oxygénation de la zone racinaire par le biais des réseaux de drains.

Extraire l'air permet l'amélioration du drainage et des échanges gazeux au niveau de la porosité du sol; cela permet en outre de refroidir ou réchauffer la zone racinaire en fonction de la température de l'air ambiant. L'aération forcée du sol permet de faire pénétrer plus profondément l'oxygène dans le sol. Là encore, on peut influencer sur la température de la zone racinaire en fonction de la température de l'air insufflé.

Surveillance du niveau des gaz du sol

Lorsque les seuils critiques seront connus, il sera facile et utile de surveiller le taux des différents gaz du sol.

Dès lors, grâce à cette surveillance, les intendants pourront anticiper les réactions du sol.

Le futur.

les intendants de golf espèrent toujours des améliorations leur permettant d'augmenter la qualité de leurs surfaces de green.

Planter ou semer de l'agrostis stolonifère dans le sud avec son climat extrême est l'une de ces attentes; Mais maintenir dans de bonnes conditions un gazon d'agrostis sous un climat humide et chaud nécessite de l'eau, qui en excès peut dégrader sérieusement l'oxygénation du sol. Tout ceci, couplé à une augmentation importante du trafic ne fait que créer les conditions les plus critiques pour les échanges gazeux.

COMPOSANTS DU SOL OXYDÉS ET RÉDUITS (TABLEAU II)

| Éléments | Forme oxydée en sol aérobie | Forme réduite en sol anaérobie | Type de bactéries |
|----------|--|---|-----------------------------------|
| Oxygène | O ₂ | H ₂ O | B Aérobie strictes |
| Azote | NO ₃ ⁻ (nitrate) | NH ₄ + Ammoniaque N ₂ O Oxydes nitreux N ₂ Azote | Bactéries anaérobies facultatives |
| Fer | Fe ³⁺ ou Fe ₂ O ₃ (oxydes ferriques) | Fe ²⁺ (oxydes ferreux) | |
| Soufre | SO ₄ ²⁻ (Sulfate) | S ²⁻ Sulfides H ₂ S Sulfure d'hydrogène | Bactéries anaérobies strictes |
| Carbone | CO ₂ Dioxyde de carbone | CH ₄ Méthane | |

Bert Mc CARTY (Université de Clemson)
Traduction GCM de P. Van Hollemeersch.