



Pratiques de gestion optimales

pH EXTRÊMES

Les pH extrêmes du sol rendent les conditions trop acides ou alcalines (basiques) pour une disponibilité optimale des éléments nutritifs et une croissance optimale des cultures. Ce sont les résultats de processus naturels (p. ex. la formation des sols) qui se développent en raison de la dégradation des sols (p. ex. l'érosion) ou qui surviennent au fil du temps en raison de l'utilisation d'engrais azotés à base d'ammonium.

Le pH du sol est un indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité relative d'une solution de sol. L'échelle du pH (0-14) est une expression logarithmique (inversée) de la concentration des ions d'hydrogène (H^+). Un pH près de 7 est considéré comme neutre, alors que les sols en deçà de 7 sont acides et ceux supérieurs à 7 sont alcalins.

Cette feuille de renseignements fournit un éventail d'outils diagnostiques utilisés pour décrire la nature et la portée des pH extrêmes dans les sols des terres cultivées de l'Ontario. Un bon diagnostic est essentiel pour circonscrire les pratiques de gestion optimales (PGO) adaptées à un champ donné.

LE RÔLE DU SOL SAIN DANS UN CLIMAT EN CONSTANTE ÉVOLUTION

L'agriculture et le climat sont directement liés : tout ce qui a un effet important sur notre climat influera sur la production agricole. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) et le changement climatique sont des problèmes globaux, et l'agriculture peut contribuer à leur résolution.

Les PGO qui améliorent la santé des sols peuvent également aider à diminuer les émissions de GES, à réduire la fuite du phosphore des champs vers l'eau de surface et à augmenter la résilience à la sécheresse ou aux conditions très humides. Un sol sain, composante essentielle d'un environnement sain, est le fondement d'un système de production agricole durable.

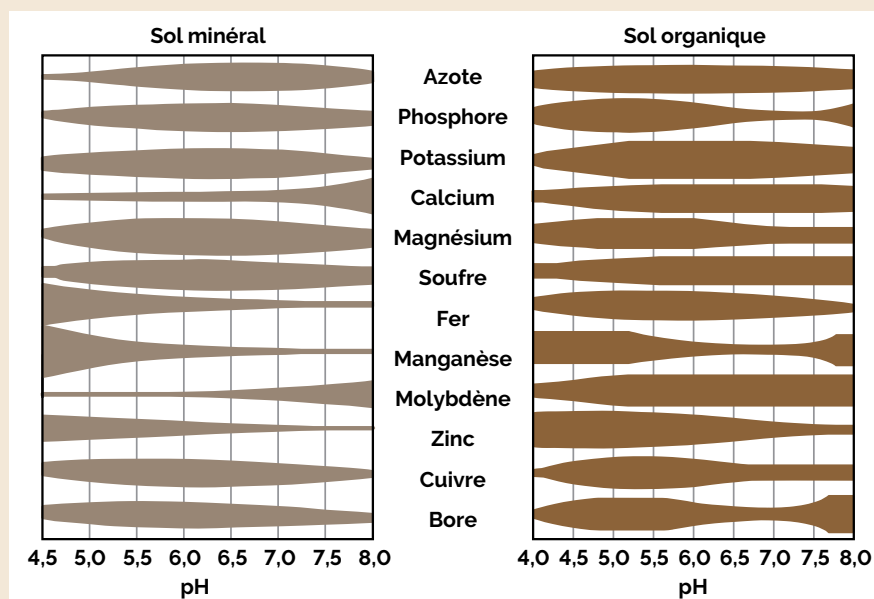
pH EXTRÊMES : Risques et répercussions

Le tableau qui suit présente les différentes catégories de pH, d'extrêmement acide à fortement alcalin. Même si la présente feuille de renseignements s'intitule pH extrêmes, elle est axée sur les sols des catégories « modérément alcalin » et « modérément acide » à « très fortement acide ».

Le pH du sol est directement relié à la disponibilité des éléments nutritifs pour la croissance des végétaux dans les sols minéraux et organiques (terres noires). Par exemple, l'azote (N) est plus facilement accessible aux végétaux lorsque le pH du sol varie entre 6,0 et 8,0, puisque les processus de minéralisation de l'azote sont dictés par des microorganismes ayant des préférences en matière de pH. La périodicité et la disponibilité d'autres éléments nutritifs, y compris le phosphore (P), le soufre (S) et les oligoéléments, sont également favorisées par un pH dans cette plage.

CATÉGORIE DE pH	PLAGE DE pH
Extrêmement acide	4,4 ou moins
Très fortement acide	4,5–5,0
Fortement acide	5,1–5,5
Modérément acide	5,6–6,0
Légèrement acide	6,1–6,5
Légèrement alcalin	7,4–7,8
Modérément alcalin	7,9–8,4
Fortement alcalin	8,5–9,0

Source : USDA Natural Resources Conservation Service
www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home.



Les éléments nutritifs des plantes peuvent être présents dans le sol, mais pas nécessairement dans une forme qui peut être assimilée par ces plantes. Le pH du sol influe énormément sur la disponibilité d'un élément nutritif.

RISQUES ASSOCIÉS AUX PH EXTRÊMES

- Disponibilité des éléments nutritifs :
 - Faible pH — disponibilité réduite des macronutriments, du calcium et du magnésium et de certains oligoéléments.
 - pH élevé — disponibilité réduite du phosphore, du fer, du manganèse, du bore, du cuivre et du zinc.
- Tolérance des cultures :
 - La plupart des cultures préfèrent des conditions de sol neutres à légèrement acides (pH de 6,0 à 7,0).
 - Certaines cultures horticoles (p. ex. les bleuets) prospèrent dans des conditions modérément acides à fortement acides (pH de 5,0 à 6,0).
 - La plupart des cultures tolèrent des conditions basiques (alcalines) avec des plages de pH pouvant atteindre 7,9.
 - Quelques cultures peuvent tolérer des pH extrêmes < 5,0 et > 7,9.
- Changements dans l'activité microbienne :
 - La population et l'activité de certains organismes du sol changent en fonction du pH (p. ex. fixation réduite de N₂ dans les nodules des légumineuses en présence de conditions acides).
- La solubilité des métaux lourds dépend du pH :
 - Certains métaux lourds (p. ex. l'aluminium et le manganèse) deviennent plus solubles dans l'eau en présence de conditions acides.
 - La solubilité accrue des métaux augmente le risque d'assimilation par les végétaux et de toxicité.
- Efficacité et dégradation des herbicides et des insecticides :
 - La plupart des pesticides sont étiquetés pour des conditions de sol particulières. Si des sols présentent un pH à l'extérieur de la plage précisée, les pesticides peuvent s'avérer inefficaces, changer pour une forme indésirable ou ne pas se dégrader comme prévu, entraînant des problèmes pour la prochaine culture.



Betteraves présentant une croissance freinée et une certaine chlorose causée par l'imazéthapyr (l'ingrédient actif de Pursuit) persistant depuis l'année précédente. Des conditions de faible pH ralentissent la dégradation de cet herbicide.
Source : Darren Robison, Ph. D., Université de Guelph, Ontario.

pH EXTRÊMES : Notions de base

PROCESSUS NATURELS DU SOL ET pH

Au départ, la plupart des éléments nutritifs dans le sol (à l'exception de l'azote) faisaient partie de la structure chimique de la roche. Sur une période de plusieurs milliers d'années, les forces naturelles (ce qu'on appelle la météorisation) ont décomposé la roche et ses minéraux, libérant certains de leur contenu en éléments nutritifs dans des formes que les végétaux peuvent utiliser. La météorisation continue de libérer lentement de petites quantités d'éléments nutritifs provenant de ces sources.

Plusieurs des réactions chimiques qui surviennent dans le sol enlèvent des éléments nutritifs de la solution de sol. Certaines de ces réactions produisent des composés qui sont insolubles dans l'eau et qui exigent d'autres réactions pour briser les composants et rendre les éléments nutritifs disponibles pour absorption par les végétaux.

Le pH du sol a une influence majeure sur les réactions chimiques qui surviennent et les composés qui sont produits. Le pH a aussi des répercussions sur la solubilité des composés. Par conséquent, la disponibilité de la plupart des éléments nutritifs change si le pH du sol est modifié.



La fertilité naturelle du sol dans votre exploitation agricole a été déterminée par deux facteurs clés : le type de roche et de minéraux dont est dérivé le sol et les conditions dans lesquelles le sol a été formé.

LE RÔLE DU SOUS-SOL ET DES MATÉRIAUX PARENTAUX DU SOL

La fertilité du sous-sol est de beaucoup inférieure et contribue à une proportion beaucoup moins importante des éléments nutritifs prélevés par les végétaux par rapport à la couche arable. Plusieurs facteurs contribuent à cette situation :

- la plus grande partie du système racinaire des végétaux se trouve dans la couche arable
- des éléments nutritifs n'ont pas été ajoutés au sous-sol
- le sous-sol contient moins de matière organique
- moins d'éléments nutritifs ont été libérés dans le sous-sol parce qu'il est moins sujet à la météorisation que la couche arable

Les sols de l'Ontario ont développé différents types de matériel parental. Le pH des matériaux parentaux du sol peut varier d'acide à basique, en fonction de leur origine, de leur minéralogie et de leur composition chimique. Par exemple, les matériaux parentaux du sol dans des régions situées près d'un soubassement de calcaire calcitique et dolomitique sont généralement calcaires et alcalins. Les matériaux parentaux du sol situés sur ou près du Bouclier canadien sont souvent acides et reflètent la minéralogie du soubassement du Bouclier (p. ex. granites, gneiss, etc.).

Le type de matériau parental a un effet sur la manière dont un sol résiste à des modifications du pH ou de son pouvoir tampon. Les sols avec des teneurs plus élevées en argile et en matière organique possèdent un pouvoir tampon supérieur et leur pH change lentement. Les sols à texture grossière et à faible teneur en matière organique sont susceptibles de devenir plus facilement acides ou alcalins dépendamment de la manière dont ils sont gérés.

La plupart des sols altérés reflèteront le pH général du matériau parental du sol. Par exemple, la couche arable développée sur des sols calcaires et alcalins se situe généralement dans une plage de neutre à légèrement alcaline, alors que les sols sableux provenant d'un dépôt d'épandage fluvioglaciaire près du Bouclier canadien ont généralement une couche arable légèrement acide (pH de 6,1 à 6,5).

Dans les cas extrêmes, la composition du matériau parental est tellement basique ou acide que le sol entier demeure fortement calcaire ou acide — même après plus de 10 000 ans de météorisation! Les sols dans les comtés de Peterborough, Grey et Huron en sont des exemples.

SOLS DÉGRADÉS ET pH DU SOL

Les sols gravement érodés sont ceux dont le matériau parental est exposé à la surface du sol, un état qui reflète la perte d'au moins 60 cm (2 pi) de couche arable et de sous-sol. Dans de tels cas, le pH en surface reflète les plages de pH normalement associées au matériau parental. Les pH extrêmes dus à l'érosion peuvent être vérifiés en examinant le profil du sol et, dans le cas de sols formés à partir de matériau parental calcaire, en utilisant de l'acide chlorhydrique (HCl) à 10 % pour vérifier la présence d'effervescence ou de bouillonnement. Que le matériau parental exposé soit acide ou basique, on constatera probablement des carences en éléments nutritifs associées à l'un ou l'autre des extrêmes.



Les sols érodés formés au-dessus de matériaux parentaux calcaires réagiront avec de l'acide chlorhydrique dilué directement à la surface du sol. La couche arable normale et non érodée en Ontario n'aura pas cette réaction.



Soya cultivé sur une butte érodée avec un pH élevé présentant des carences en éléments nutritifs et une croissance générale freinée.

AUTRES FACTEURS ENTRAÎNANT DES CHANGEMENTS DU pH

- La pluviosité est une source naturelle d'acidité. La pluie se mélange avec le dioxyde de carbone dans l'atmosphère et forme de l'acide carbonique. L'eau de pluie acide crée une réduction du pH à la surface du sol au fil de nombreuses années et est un élément normal du développement des sols en Ontario.
- L'absorption et l'enlèvement excessif des cations basiques par les cultures (p. ex. calcium, Ca^{2+} ; magnésium, Mg^{2+} ; potassium, K^+), en particulier par des légumineuses fourragères comme la luzerne, peuvent contribuer à l'acidification du sol.
- La libération d'acides organiques provenant de l'exsudation racinaire et de la décomposition des résidus végétaux peut acidifier le sol au fil du temps.
- L'épandage d'engrais azotés contenant de l'ammonium — ainsi que de l'urée, une matière formant de l'ammonium — contribue à l'acidification du sol. Les bactéries du sol convertissent l'ammonium (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-) grâce à un processus biochimique appelé nitrification. De l'hydrogène (H^+) est libéré durant ce processus et les ions d'hydrogène libres entraînent une augmentation de l'acidité. L'absorption d'azote par les végétaux entraîne une neutralisation partielle de l'acidité, ce qui explique pourquoi un épandage efficace d'engrais azotés, d'une manière qui maximise l'absorption, est important pour réduire les effets acidifiants.
- La perte de matière organique réduit le pouvoir tampon d'un sol. La matière organique du sol offre des sites de liaison qui aident à neutraliser les changements du pH du sol. Lorsque les niveaux de matière organique déclinent — en raison de l'érosion, d'une faible rotation des cultures ou de l'enlèvement normal des résidus —, le sol devient plus vulnérable aux pH extrêmes.
- L'érosion de la couche arable par l'eau, le vent ou le travail du sol peut exposer le sous-sol ou le matériau parental acide ou basique.



Dans certains cas, l'érosion peut exposer des sous-sols acides. Cette butte sableuse à faible pH a un pH de 4,9 qui a contribué à un faible peuplement de maïs comparativement au reste du champ.



L'érosion attribuable au travail du sol peut entraîner l'exposition du matériau parental. Sur les sols calcaires dans cet état de détérioration, les niveaux de pH à la surface peuvent dépasser 8,0.

DIAGNOSTICS pour les pH extrêmes

OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN :

pH élevé

- Travail du sol et érosion par l'eau
- Butte ou positions supérieures de la pente légèrement colorées
- Croissance et vigueur des cultures réduites sur les buttes — particulièrement visible au début de l'été

Faible pH

- Symptômes des cultures visibles sur les buttes ou dans des poches réparties dans un champ
- Détérioration des résidus des cultures retardée (activité microbienne moins grande à un pH inférieur à 6)
- Réduction de l'efficacité des herbicides contenant de la triazine
- Persistance plus longue que prévu de l'imazéthapyr (ingrédient actif du Pursuit)



Lorsque vous utilisez la photographie aérienne ou d'autres formes de données de télédétection aérienne, recherchez des indices de la présence de buttes érodées. Des conditions notablement plus pâles indiquent la présence de matériaux parentaux et de sous-sols à la surface. Il s'agit des endroits où des pH extrêmes sont le plus susceptibles d'être trouvés.

OBSERVATIONS SUR LES CULTURES :

- Croissance freinée et rendement diminué
- Symptômes de carence en éléments nutritifs ou de toxicité

pH élevé

- Carence en phosphore
- Carence en manganèse dans le soya et les céréales
- Carence en bore dans la luzerne (entre-nœuds rapprochés), carence en zinc dans le maïs (chlorose internervale)

Faible pH

- Faible nodulation des légumineuses fourragères, en particulier de la luzerne
- Faible persistance des cultures fourragères vivaces (présumant un bon drainage et une fertilisation adéquate)
- Toxicité liée à l'aluminium (ou au manganèse) — chercher une croissance freinée et un faible peuplement
- Carence en magnésium
- Faible culture d'orge ou absence d'orge dans les céréales mélangées



Des racines de maïs tordues, courtes et trapues dans des conditions extrêmement acides peuvent être un indicateur d'une toxicité liée à l'aluminium.



Une carence en magnésium dans le soya est fréquente dans certains sols à pH élevé. Elle se présente comme une chlorose internervale sur les plus jeunes feuilles.



Maïs présentant une carence en magnésium sur une butte sableuse à faible pH. La carence en magnésium est plus fréquente dans des conditions de sol acides.

OBSERVATIONS SUR LE SOL :

Une ANALYSE DU SOL, c'est ce qu'il y a de mieux!

Une analyse du sol vous indiquera le pH de votre sol ainsi que le pH tampon, ce qui aide à déterminer les taux d'épandage de la chaux, le cas échéant.

pH élevé

- Des conditions de pH élevé sont généralement associées à des concentrations élevées de chaux. La présence de carbonates peut être détectée à l'aide de HCl dilué. Un bouillonnement indique une teneur en carbonate de 5 à 20 % et une mousse extrême indique une teneur de 20 % et plus en carbonates libres — une plage normalement associée à des niveaux présents dans les matériaux parentaux.

Faible pH

- Sous-sols sableux légèrement colorés ou jaune pâle exposés à la surface
- Faible structure du sol et faible état d'ameublissement



Les couleurs variant de beige à jaune pâle à la surface d'un sol à texture grossière sont des indicateurs d'un matériau parental acide. Le profil du sol du côté droit de la boîte pour l'analyse du sol provenait d'une butte sableuse, érodée et acide du comté de Kent qui n'a pas soutenu une forte culture de maïs. Le profil du sol à gauche a été prélevé dans le même champ, à une courte distance, à l'extérieur de la butte, et présentait un pH neutre.

Pratiques de gestion optimales (PGO)

Choisissez la série de PGO la plus adaptée dans la liste qui suit pour résoudre les problèmes du sol associés au pH :

- Chaulez les sols à faible pH en fonction des résultats de l'analyse du sol. Utilisez le pH tampon du sol et un pH cible du sol en fonction des tolérances de la culture pour déterminer la quantité de chaux nécessaire. Mélangez uniformément avec un instrument aratoire qui mélange le sol (p. ex. un pulvérisateur offset). Le chaulage peut prendre jusqu'à 3 ans pour produire tous ses effets.
- Dans les sols à faible pH et faiblement tamponnés, choisissez des sources d'azote avec un potentiel d'acidification moins important. Faites correspondre les taux d'épandage de l'azote avec la demande de la culture autant que possible pour éviter l'acidification causée par l'excès d'azote.
- Utilisez des pratiques sans travail du sol, avec un travail réduit du sol et de gestion des résidus pour garder la couche arable en place et minimiser l'érosion des buttes.
- Cultivez des cultures de couverture pour piéger l'azote, réduire le lessivage du sol et protéger le sol de l'érosion.
- Cultivez des cultures qui tolèrent les sols acides ou alcalins (consultez le tableau — lignes directrices pour l'épandage de chaux sur les cultures en Ontario).
- Règle générale, il n'est pas recommandé de réduire le pH des sols alcalins. Si le pH du sol est très élevé (pH de 7,8 à 8,2), le sol contient une concentration élevée de chaux libre (carbonate de calcium). Le sol est extrêmement bien tamponné et résistera à toutes les tentatives pour réduire le pH. L'ajout de soufre élémentaire pour acidifier le sol ne sera pas efficace et s'avèrera coûteux.

LIGNES DIRECTRICES POUR L'ÉPANDAGE DE CHAUX SUR LES CULTURES EN ONTARIO

CULTURES	pH DU SOL EN DESSOUS DUQUEL LA CHAUX EST UTILE	pH CIBLE DU SOL ¹
SOLS MINÉRAUX À TEXTURE GROSSIÈRE ET MOYENNE (SABLE, LOAMS SABLEUX, LOAMS ET LOAMS LIMONEUX)		
légumineuses fourragères, avoine, orge, blé, triticale, haricots, pois, canola, lin, tomates, framboises, fraises, toutes les autres cultures non énumérées ci-dessous	6,1	6,5
maïs, soya, seigle, graminées, foin, pâturage, tabac	5,6	6,0
pommes de terre	5,1	5,5
SOLS MINÉRAUX À TEXTURE FINE (ARGILES ET LOAMS ARGILEUX)		
luzerne, cultures de choux, rutabagas	6,1	6,5
autres légumineuses fourragères, avoine, orge, blé, triticale, soya, haricots, pois, canola, lin, tomates, framboises, toutes les autres cultures non énumérées ci-dessus ou ci-dessous	5,6	6,0
maïs, seigle, foin de graminées, pâturage	5,1	5,5
SOLS ORGANIQUES (TOURBES/TERRES TOURBEUSES)		
toutes les grandes cultures toutes les cultures légumières	5,1	5,5

¹ Lorsqu'une culture est cultivée en rotation avec d'autres cultures qui exigent un pH plus élevé (p. ex. du maïs en rotation avec du blé ou de la luzerne), chaulez le sol au pH le plus élevé.

Source: Manuel sur la fertilité du sol du MAAARO (publication 611F), ontario.ca



Une analyse du sol, c'est ce qu'il y a de mieux! Examinez les résultats de l'analyse du sol pour les valeurs du pH et les valeurs du pH tampon et épandez de la chaux aux concentrations recommandées si cela est nécessaire.

Pour plus d'information

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES DE L'ONTARIO

Plusieurs sources de renseignements supplémentaires sont disponibles. La plupart peuvent être trouvées en ligne à ontario.ca/maaaro ou commandées auprès de ServiceOntario.

- *Manuel sur la fertilité du sol*, Publication 611F

Série de fascicules « Les pratiques de gestion optimales »

- *Gestion des éléments nutritifs destinés aux cultures*
- *Gestion du sol*
- *Faible fertilité*



Plan agroenvironnemental (4^e édition) et fiches d'information du PAE

- Fiche de travail n° 15, *Gestion du sol*
- Université Purdue. Soil Acidity and Liming of Indiana Soils. <http://www.agry.purdue.edu/ext/forages/publications/ay267.htm>
- *Soil Acidity: A guide for WA farmers and consultants*. Gazey, C, Davies, S, and Master, R. (2014), Department of Agriculture and Food, Australia-Occidentale, Perth. Bulletin 4858.
- USDA. Soil Quality Indicators: pH. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052208.pdf

Demandes d'information au ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario

Centre d'information agricole
Tél. : 1 877 424-1300
Courriel : ag.info.omafra@ontario.ca
Site Web : ontario.ca/maaaro

COMMANDES AUPRÈS DE SERVICEONTARIO

En ligne à ServiceOntario Publications : ontario.ca/publications

Par téléphone, InfoCentre ServiceOntario :

Du lundi au vendredi,
de 8 h 30 à 17 h
416 326-5300
416 325-3408 ATS
1 800 668-9938 sans frais en Ontario
1 800 268-7095 ATS sans frais en Ontario

REMERCIEMENTS

Cette feuille de renseignements a été préparée par l'équipe du MAAARO sur les sols : Alex Barrie, Andrew Barrie, Sebastian Belliard (président), Dave Bray, Christine Brown, Tejendra Chapagain, Therese Festin, Adam Hayes (retraité), Christoph Kessel (retraité), Ian McCormick, Ian McDonald, Kevin McKague, Jake Munroe, Deanna Nemeth, Nicole Rabe, Daniel Saurette, Ted Taylor (retraité), Jen Turnbull, Anne Verhallen, Jim Warren.

Recherche et rédaction : Ann Huber, Don King, Margaret Ribey, Wally Yeti, Soil Research Group (SRG)

Coordonnateurs techniques : H.J. Smith (retraité), Ted Taylor (retraité) et Arlene Robertson

AF208
ISBN 978-1-4868-5264-2 IMPRIMÉ
ISBN 978-1-4868-5265-9 PDF

Série de fiches d'information sur les PGO pour la santé du sol :

Ajout d'amendements organiques
Bandes brise-vents
Bandes tampons
Brise-vents dans les champs
Culture en courbes de niveau et en bandes
Cultures-abris et épandage de fumier
Culture sans labour pour la santé du sol
Cultures couvre-sol d'hiver
Démobilisation des terres cultivées
Drainage souterrain
Ensemencement sous les cultures-abris
Gestion des résidus
Restauration du sol
Rotation des cultures agronomiques
Rotation des cultures légumières
Structures de lutte contre l'érosion
Systèmes de cultures vivaces
Travail du sol avec paillage

Série de fiches d'information sur les PGO pour le diagnostic de la santé du sol :

Compaction souterraine
Croûtage en surface
Érosion attribuable au travail du sol
Érosion éolienne
Érosion hydrique du sol
Faible fertilité
Fertilité excessive
pH extrêmes
Sécheresse
Sols froids et humides