

# Diagnostic des Éléments Limitatifs à partir du Feuillage Et du Sol (DELFES)

## Diagnostic de la nutrition de l'érablière Seuils diagnostiques du feuillage et du sol DELFES 1.3

Fondements théoriques à l'application DELFES

par

Rock Ouimet, Louis Duchesne et Jean-David Moore  
Direction de la recherche forestière  
Ministère des Ressources naturelles  
Québec

Octobre 2012

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                             | page |
|-------------------------------------------------------------|------|
| Diagnostic nutritionnel à partir d'analyses foliaires ..... | 1    |
| Méthodologie d'échantillonnage .....                        | 1    |
| Interprétation des résultats d'analyses foliaires .....     | 1    |
| Valeurs optimums et critiques pour l'érable à sucre .....   | 1    |
| Indices DRIS pour l'érable à sucre .....                    | 1    |
| Remarques .....                                             | 2    |
| Diagnostic nutritionnel à partir d'analyses du sol.....     | 3    |
| Méthodologie d'échantillonnage .....                        | 3    |
| Interprétation des résultats d'analyses de sol .....        | 3    |
| Transformation des données d'extraction au MehlichIII ..... | 3    |
| Versions de DELFES .....                                    | 3    |
| 1. Clé de classification de déficience en Ca .....          | 4    |
| 2. Clé de classification de déficience en K .....           | 5    |
| 3. Clé de classification de déficience en Mg.....           | 5    |
| 4. Clé de classification de déficience en P .....           | 5    |
| Recommandation d'amendements, fertilisants .....            | 6    |
| Références .....                                            | 7    |

# Diagnostic nutritionnel à partir d'analyses foliaires

## Méthodologie d'échantillonnage

- La période d'échantillonnage foliaire de l'érable à sucre dure environ un mois au Québec (mi-juillet à la mi-août) pour minimiser les variations de concentrations en éléments nutritifs dans le feuillage (Duchesne *et al.* 2001).
- Le feuillage doit être prélevé à mi-cime des arbres.
- Il est préférable d'échantillonner au moins 10 érables le long de transect prédéterminé dans un secteur homogène.
- L'analyse foliaire : analyse totale (généralement dissolution à chaud dans l'acide sulfurique concentré).

## Interprétation des résultats d'analyses foliaires

### Valeurs optimums et critiques pour l'érable à sucre

| Élément | Optimum (g/kg) | Critique (g/kg) |
|---------|----------------|-----------------|
| N       | 20.0           | 16.0            |
| P       | 1.8            | 1.2             |
| K       | 8.8            | 6.0             |
| Ca      | 18.6           | 6.0             |
| Mg      | 2.3            | 1.2             |

Source : (Anonyme 1995)

### Indices DRIS pour l'érable à sucre

Rapports entre les éléments nutritifs de la population à haut rendement. Source : (Lozano et Huynh 1989).

| Rapport | Valeur | CV (%) | Rapport | Valeur | CV (%) |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| N/K     | 1.8477 | 28.37  | Ca/K    | 1.2765 | 50.839 |
| P/K     | 0.1842 | 38.166 | Ca/Mg   | 8.1205 | 24.241 |
| P/Ca    | 0.1683 | 38.4   | Mg/P    | 0.8383 | 25.037 |
| Ca/N    | 0.7207 | 50.995 | Mg/K    | 0.1495 | 32.78  |

#### # Formules pour le calcul des indices DRIS (Walworth et Sumner 1987) :

$nk=1.8477$ ;  $pk=0.1842$ ;  $pca=0.1683$ ;  $can=0.7207$ ;  $cak=1.2765$ ;  
 $camg=8.1205$ ;  $mgp=0.8384$ ;  $mgk=0.1495$ ;  
 $cvnk=28.37$ ;  $cvpk=38.166$ ;  $cvpca=38.4$ ;  $cvcan=50.995$ ;  $cvcak=50.839$ ;  
 $cvcamg=24.241$ ;  $cvmgp=25.037$ ;  $cvmgk=32.78$ ;

#### # Calcul des rapports pour les données d'observation

$fnk=n/k$ ;  $fpk=p/k$ ;  $fpca=p/ca$ ;  $fcan=ca/n$ ;  $fcak=ca/k$ ;  $fcamg=ca/mg$ ;  $fmgp=mg/p$ ;  $fmgk=mg/k$ ;

if  $fnk \geq nk$  then  $ffnk=((fnk/nk)-1)*1000/cvnk$ ; else  $ffnk=(1-(nk/fnk))*1000/cvnk$ ;  
if  $fpk \geq pk$  then  $ffpk=((fpk/pk)-1)*1000/cvpk$ ; else  $ffpk=(1-(pk/fpk))*1000/cvpk$ ;  
if  $fpca \geq pca$  then  $ffpca=((fpca/pca)-1)*1000/cvpca$ ; else  $ffpca=(1-(pca/fpca))*1000/cvpca$ ;  
if  $fcan \geq can$  then  $ffcan=((fcan/can)-1)*1000/cvcan$ ; else  $ffcan=(1-(can/fcan))*1000/cvcan$ ;

```

if fcak >= cak then ffcak=((fcak/cak)-1)*1000/cvcak; else ffcak=(1-(cak/fcak))*1000/cvcak;
if fcamg >= camg then ffcamg=((fcamg/camg)-1)*1000/cvcamg;
    else ffcamg=(1-(camg/fcamg))*1000/cvcamg;
if fmgp >= mgp then ffmgp=((fmgp/mgp)-1)*1000/cvmgp; else ffmgp=(1-(mgp/fmgp))*1000/cvmgp;
if fmgk >= mgk then ffmgk=((fmgk/mgk)-1)*1000/cvmgk; else ffmgk=(1-(mgk/fmgk))*1000/cvmgk;

```

#### # Calcul des indices DRIS

```

n_index=(ffnk-ffcan)/2;
p_index=(ffpk+ffpca-ffmgp)/3;
k_index=(-ffnk/2)-(ffpk/3)-(ffcak/4)-(ffmgk/3);
ca_index=(ffcan/2)+(ffcak/4)+(ffcamg/3)-(ffpca/3);
mg_index=(ffmgk-ffcamg+ffmgp)/3;

```

#### # Calcul de l'indice de déséquilibre nutritif (IDN)

```

IDN=abs(n_index)+abs(p_index)+abs(k_index)+abs(ca_index)+abs(mg_index);

```

## Remarques

- Les données nécessaires pour calculer les indices DRIS sont les concentrations totales en N, P, K, Ca et Mg du feuillage.
- Des éléments dont les indices DRIS sont sous le seuil de [-15] unités sont considérés comme déficients.
- Les IDN donnent une idée de la gravité du déséquilibre nutritionnel :

| IDN < 60                       | 60 < IDN < 100              | 100 < IDN < 200              | IDN > 200                    |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Statut nutritif bien équilibré | Légères carences nutritives | Carences nutritives modérées | Carences nutritives majeures |

# Diagnostic nutritionnel à partir d'analyses du sol

## Méthodologie d'échantillonnage

- Séparer l'érablière en secteurs homogènes (dépôts de surface, drainage, position sur le versant)
- À l'intérieur de chaque secteur, prélever à l'aide d'une pelle ronde ou une tarière 10 échantillons d'humus et 10 échantillons des 15 premiers centimètres de l'horizon B du sol et les mettre chacun dans deux sacs à échantillons pour former deux échantillons composites d'humus et de B pour chaque secteur. Prendre soin de bien numéroter les sacs selon le secteur et l'horizon de sol.
- Faire sécher à l'air libre dans un endroit sec ou congeler les échantillons. Envoyer les échantillons au laboratoire pour faire analyser (extraction au Mehlich III ou sel neutre tel  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1N, ainsi que pH (eau) et pourcentage de matière organique (%MO)).

## Interprétation des résultats d'analyses de sol

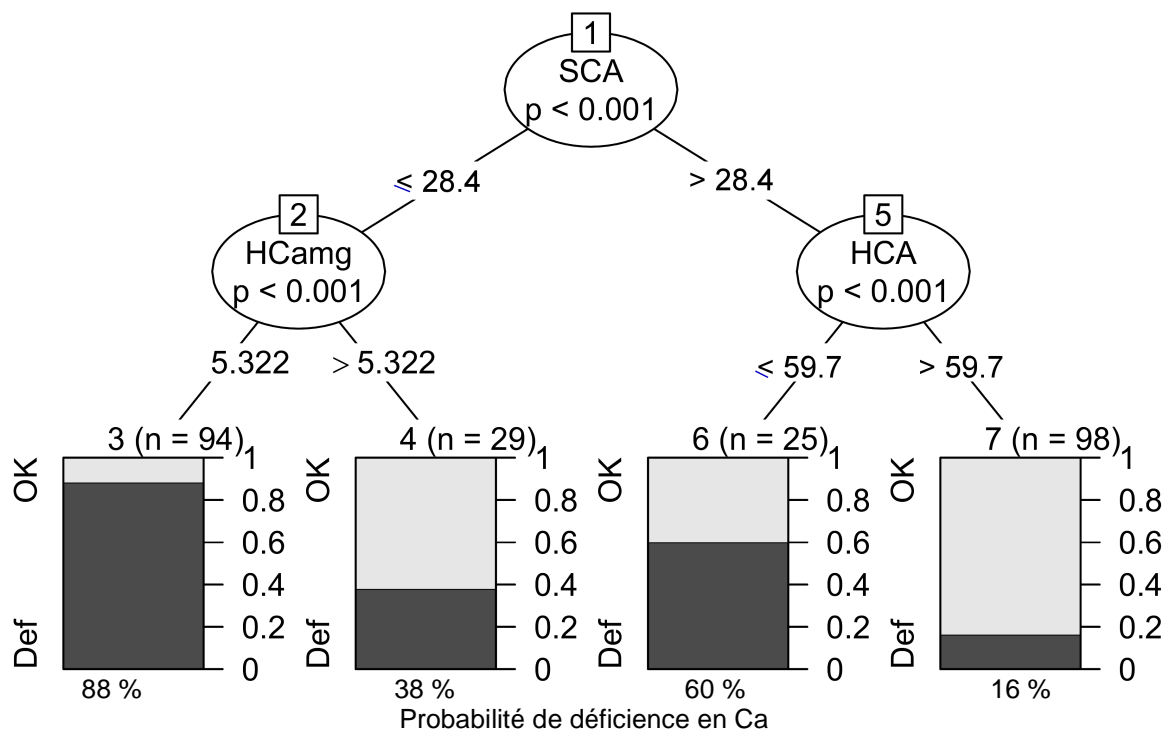
### Transformation des données d'extraction au Mehlich III

- [1]  $\text{Ca (sel neutre)} = \text{Ca (Mehlich III)} / 1.10$
- [2]  $\text{Mg (sel neutre)} = \text{Mg (Mehlich III)} / 1.11$
- [3]  $\text{K (sel neutre)} = \text{K (Mehlich III)}$
- [4]  $\text{CEC} = -55 + 0.47 \times \% \text{MO} + 13.8 \times \text{pH (pour l'humus)}$   
 $\quad = -2.55 + 0.49 \times \% \text{MO} + 1.3 \times \text{pH (pour l'horizon B)}$
- [5]  $\text{H+Al} = \text{CEC} - \text{Ca}_{\text{sel neutre}} - \text{Mg}_{\text{sel neutre}} - \text{K}_{\text{sel neutre}}$

### Versions de DELFES

- 1.0 – Calcul des indices DRIS et premières normes de sol basées sur (Ouimet et Camiré 1995)  
(<http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/DELFES3.zip>)
- 1.2 – Plateforme excel des premières normes de sol basées sur (Ouimet et Camiré 1995)  
(<http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/DELFES1-2.zip>)
- 1.3 – Calcul des indices DRIS et clés de classification selon les nouvelles normes provisoires pour les sols d'érablières (en préparation).

## 1. Clé de classification de déficience en Ca



Source : DELFES 1.3 (Ouimet *et al.* 2012)

SCA : Saturation de l'horizon B en Ca échangeable ( $Ca_B/CEC_B$ ) (%)

HCamg : rapport Ca/Mg de l'humus ( $Ca_H/Mg_H$ )

HCA : Saturation de l'humus en Ca ( $Ca_H/CEC_H$ ) (%)

## 2. Clé de classification de déficience en K

Source : DELFES 1.3 (Ouimet *et al.* 2012)

| Horizon du sol                     | Seuils                         |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                    | Ca/Mg                          | K/Mg                           |
| Humus                              | 4.382 (1)                      | 0.324 (2)                      |
| B                                  |                                | 0.436 (3)                      |
| Meilleures combinaisons des seuils | (1) ou (2) ou (3) <sup>1</sup> | (1) et (2) et (3) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>Sensibilité : 82.1 %; spécificité : 70.6 %; précision du diagnostic : 76.3 %.

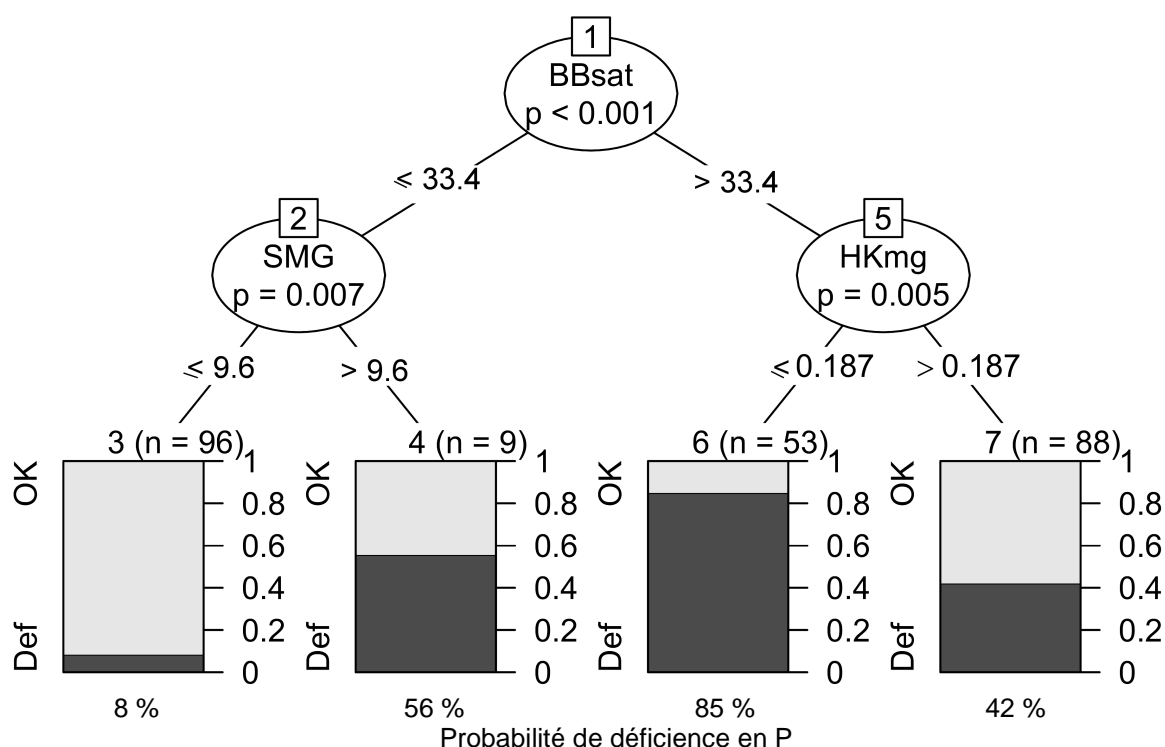
<sup>2</sup>Sensibilité : 21.7 %; spécificité : 100 %; précision du diagnostic : 60.8 % (diagnostic plus conservateur).

## 3. Clé de classification de déficience en Mg

Source : DELFES 1.3 (Ouimet *et al.* 2012)

- Saturation en Mg dans l'humus et l'horizon B < 1 % ( $Mg/CEC < 0.01$ ).

## 4. Clé de classification de déficience en P



Source : DELFES 1.3 (Ouimet *et al.* 2012)

BBsat : Saturation en bases de l'horizon B ( $(Ca_B + Mg_B + K_B)/CEC_B$ ) (%)\*

SMG : Saturation en Mg échangeable de l'horizon B ( $Mg_B/CEC_B$ ) (%)

HKmg : Rapport K/Mg dans l'humus ( $K_H/Mg_H$ )

\*Dans les version 1.0 et 1.2 de DELFES, BBsat peut se calculer de la façon suivante :

BBsat = SatCa + SatMg + (K/Mg x SatMg) pour le sol minéral

## Recommandation d'amendements, fertilisants

- Déficience en Ca (Mg) : Produit chaulant (chaux calcique, chaux magnésienne, chaux dolomitique (selon le besoin en Mg), etc.).

Le besoin en Ca est calculé de façon à faire remonter la saturation en Ca de l'horizon B à 50 % sur les 20 premiers centimètres de sol.

Formule : Dose de chaux (t/ha) =  $\max((50 - \text{SCA})/100 \times \text{CEC}_B \times 1.264; 5)$ .

- Déficience en K : Ajout de 100 kg/ha de  $\text{K}_2\text{O}$
- Déficience en P : Ajout de 45 kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$
- DELFES: facilite les calculs.



## Références

- Anonyme 1995. L'érable à sucre. Caractéristiques, écologie et aménagement. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.
- Duchesne, L., Ouimet, R., Camiré, C. et Houle, D. 2001. Seasonal nutrient transfers by foliar resorption, leaching, and litter fall in a northern hardwood forest at Lake Clair Watershed, Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* **31**: 333-344.
- Lozano, F.C. et Huynh, K.D. 1989. Foliar diagnosis of sugar maple decline by DRIS. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **20**: 1895-1914.
- Ouimet, R. et Camiré, C. 1995. Foliar deficiencies of sugar maple stands associated with soil cation imbalances in the Quebec Appalachians. *Can. J. Soil Sci.* **75**: 169-175.
- Ouimet, R., Moore, J.-D. et Duchesne, L. 2012. Mise à jour des normes de sols pour diagnostiquer les déficiences en Ca, K et P de l'érable à sucre au Québec. Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Note de recherche forestière (sous presse).
- Walworth, J.L. et Sumner, M.E. 1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Adv. Soil Sci.* **6**: 149-188.