

Utilisation des paramètres observés pour diagnostiquer la sensibilité des sols à un export de menus bois

– Diagnostic INSENSÉ –

La fertilité d'un sol dépend de plusieurs facteurs. Entre autres, elle dépend de la quantité d'éléments nutritifs qu'il contient. Lorsqu'une exploitation forestière conduit à l'exportation de feuillage ou de menus bois, les quantités de nutriments exportés sont très importantes. En effet les branches, et surtout les feuillages, représentent des biomasses relativement faibles mais des quantités de nutriments importantes car ce sont des compartiments de l'arbre qui sont très concentrés en nutriments. Les recherches en ce domaine ont montré que ce type de récolte pouvait être préjudiciable au fonctionnement de l'écosystème. Les indicateurs de richesse nutritive des sols permettent d'évaluer si les réserves en nutriments d'un sol sont suffisantes –ou non– pour supporter une récolte accrue de biomasse (pour plus d'informations voir les résultats du projet [INSENSE](#)).

0.1 Application du diagnostic INSENSÉ – PRÉ-ZONAGE ET PROTOCOLE

La première étape proposée est de regarder le diagnostic appliqué aux données de description de sol de l'inventaire forestier national (IFN 2005–2015) par SylvoÉcoRégion (SER), cf. carte et tableau ci-après. En effet, certaines SER sont relativement homogènes en terme de sensibilité des sols à un export supplémentaire de biomasse. Il y est ainsi possible de se passer du diagnostic local. Comme aucune SER ne présente 100% des points dans une classe de sensibilité donnée, nous laissons à l'utilisateur le choix du risque d'erreur toléré.

Lorsqu'un diagnostic local est nécessaire, il est important de délimiter au préalable des zones homogènes d'un point de vue de la géologie et de la topographie, puis de se référer au protocole et aux clés de détermination suivant. Lors de l'utilisation des clés de détermination :

- les formes d'humus dysmoder, hémimor, humimor, eumor, hydromoder, hydromor, anmoor et tourbe sont regroupées dans le système d'humus DYSMODER-MOR ;
- les formes d'humus hémimoder et eumoder sont regroupées dans le système d'humus MODER ;
- la forme d'humus hydromull est considérée comme la forme d'humus dysmull.
- la forme d'humus amphi est également nommée amphimus ou amphimull



Les sylvoécorégions (SER)

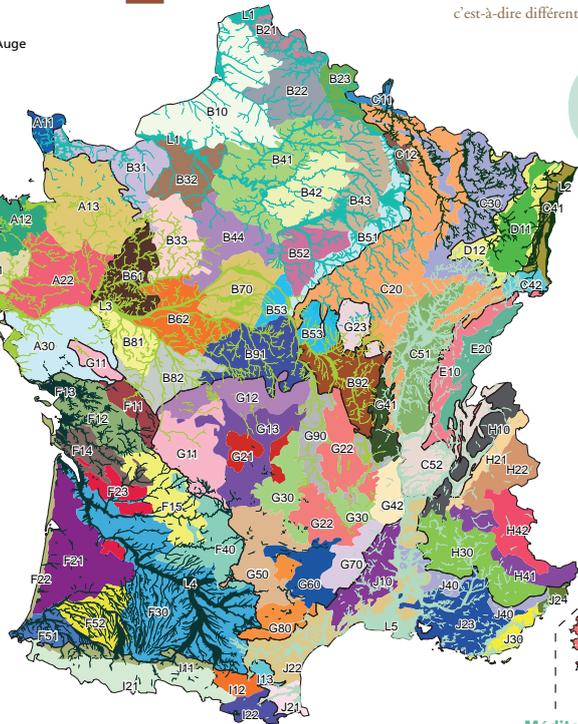
- A Grand Ouest cristallin et océanique**
- A11 Ouest-Bretagne et Nord-Cotentin
 - A12 Pays de Saint-Malo
 - A13 Bocage normand et Pays de Fougères
 - A21 Bretagne méridionale
 - A22 Bocage armoricain
 - A30 Bocage vendéen

- B Centre Nord semi-océanique**
- B10 Côtes et plateaux de la Manche
 - B21 Flandres
 - B22 Plaine picarde
 - B23 Mosan, Thiérache et Hainaut
 - B31 Campagne de Caen et Pays d'Auge
 - B32 Plateaux de l'Eure
 - B33 Perche
 - B41 Bassin parisien tertiaire
 - B42 Brie et Tardenois
 - B43 Champagne crayeuse
 - B44 Beauce

- F Sud-Ouest océanique**
- F11 Terres rouges
 - F12 Groies
 - F13 Marais littoraux
 - F14 Champagne charentaise
 - F15 Périgord
 - F21 Landes de Gascogne
 - F22 Dunes atlantiques
 - F23 Bazadais, Double et Landais
 - F30 Coteaux de la Garonne
 - F40 Causse du Sud-Ouest
 - F51 Adour atlantique
 - F52 Collines de l'Adour

- G Massif central**
- G11 Châtaigneraie du Centre et de l'Ouest
 - G12 Marches du Massif central
 - G13 Plateaux limousins
 - G21 Plateaux granitiques ouest du Massif central
 - G22 Plateaux granitiques du centre du Massif central
 - G23 Morvan et Autunois
 - G30 Massif central volcanique
 - G41 Bordure nord-est du Massif central
 - G42 Monts du Vivarais et du Pilat
 - G50 Ségala et Châtaigneraie auvergnate
 - G60 Grands Causse
 - G70 Cévennes
 - G80 Haut-Languedoc et Lézézou
 - G90 Plaines alluviales et piémonts du Massif central

- B Centre Nord semi-océanique**
- B51 Champagne humide
 - B52 Pays d'Othe et Gatinais oriental
 - B53 Pays-Fort, Nivernais et plaines pré-morvandelles
 - B61 Baugeois-Maine
 - B62 Champagne-Gâtine tourangelle
 - B70 Sologne-Orléanais
 - B81 Loudunais et Saumurois
 - B82 Brenne et Brandes
 - B91 Boischaud et Champagne berrichonne
 - B92 Bourbonnais et Charolais



- C Grand Est semi-continental**
- C11 Ardenne primaire
 - C12 Argonne
 - C20 Plateaux calcaires du Nord-Est
 - C30 Plaines et dépressions argileuses du Nord-Est
 - C41 Plaine d'Alsace
 - C42 Sundgau alsacien et belfortain
 - C51 Saône, Bresse et Dombes
 - C52 Plaines et piémonts alpins

- D Vosges**
- D11 Massif vosgien central
 - D12 Collines périvosiennes et Warndt
- E Jura**
- E10 Premier plateau du Jura
 - E20 Deuxième plateau et Haut-Jura

- J Méditerranée**
- J10 Garrigues
 - J21 Roussillon
 - J22 Plaines et collines rhodaniennes et languedociennes
 - J23 Provence calcaire
 - J24 Secteurs niçois et préligure
 - J30 Maures et Esterel
 - J40 Préalpes du Sud

- K Corse**
- K11 Corse occidentale
 - K12 Montagne corse
 - K13 Corse orientale

- H Alpes**
- H10 Préalpes du Nord
 - H21 Alpes externes du Nord
 - H22 Alpes internes du Nord
 - H30 Alpes externes du Sud
 - H41 Alpes intermédiaires du Sud
 - H42 Alpes internes du Sud

- I Pyrénées**
- I11 Piémont pyrénéen
 - I12 Pyrénées cathares
 - I13 Corbières
 - I21 Haute chaîne pyrénéenne
 - I22 Pyrénées catalanes

- L Alluvions récentes**
- L1 Vallées des bassins Artois, Picardie et Seine-Normandie
 - L2 Vallées du bassin Rhin-Meuse
 - L3 Vallées du bassin Loire-Bretagne
 - L4 Vallées du bassin Adour-Garonne
 - L5 Vallées du bassin Rhône-Méditerranée-Corse

Tant pour définir des unités de station synthétiques au niveau régional que pour présenter les résultats d'inventaire de la ressource ligneuse, les 309 régions forestières nationales de l'IFN ont été regroupées selon deux niveaux emboîtés :

– 11 grandes régions écologiques (GRECO), désignées par une lettre (de A à K), représentant une synthèse, à l'échelle de la France, des bioclimats, de la nature des roches et de la topographie, traduites notamment par les étages et les séries de végétation, auxquelles il faut ajouter l'ensemble des alluvions récentes (L) ;



– 91 sylvoécorégions (SER), dont 5 d'alluvions récentes, désignées par la lettre de leur GRECO d'appartenance, suivie de deux chiffres, correspondant à la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les valeurs prises par les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers est originale, c'est-à-dire différente de celle des SER adjacentes.



code SER	Nom SER	Faible	Moyenne	Partielle	Forte
A11	Ouest-Bretagne et Nord-Cotentin	0	39	50	10
A12	Pays de Saint-Malo	0	36	52	11
A13	Bocage normand et Pays de Fougères	1	22	68	9
A21	Bretagne méridionale	1	23	61	16
A22	Bocage armoricain	2	37	49	11
A30	Bocage vendéen	2	59	25	14
B10	Côtes et plateaux de la Manche	5	35	5	56
B21	Flandres	16	31	7	46
B22	Plaine picarde	9	57	6	29
B23	Mosan, Thiérache et Hainaut	13	66	1	20
B31	Campagne de Caen et Pays d'Auge	8	18	6	69
B32	Plateaux de l'Eure	1	14	2	83
B33	Perche	2	16	0	82
B41	Bassin parisien tertiaire	6	20	10	64
B42	Brie et Tardenois	16	54	2	28
B43	Champagne crayeuse	23	56	11	9
B44	Beauce	18	27	11	44
B51	Champagne humide	23	37	1	38
B52	Pays d'Othe et Gâtinais oriental	12	46	1	40
B53	Pays-Fort, Nivernais et plaines prémorvandelles	15	29	2	55
B61	Baugeois-Maine	2	4	1	93
B62	Champeigne-Gâtine tourangelle	12	23	2	63
B70	Sologne-Orléanais	3	2	1	94
B81	Loudunais et Saumurois	9	11	3	77
B82	Brenne et Brandes	23	18	2	58
B91	Boischaut et Champagne berrichonne	20	19	2	59
B92	Bourbonnais et Charolais	7	38	1	55
C11	Ardenne primaire	5	9	82	3
C12	Argonne	18	22	45	14
C20	Plateaux calcaires du Nord-Est	78	15	7	1
C30	Plaines et dépressions argileuses du Nord-Est	53	30	16	2
C41	Plaine d'Alsace	32	26	20	23
C42	Sundgau alsacien et belfortain	38	32	30	0
C51	Saône, Bresse et Dombes	29	44	25	2
C52	Plaines et piémonts alpins	54	29	15	2
D11	Massif vosgien central	3	26	12	59
D12	Collines périvosgienne et Warndt	17	38	20	26
E10	Premier plateau du Jura	78	12	9	1
E20	Deuxième plateau et Haut-Jura	70	7	19	4

code SER	Nom SER	Faible	Moyenne	Partielle	Forte
F11	Terres rouges	15	52		33
F12	Groies	61	30	2	7
F13	Marais littoraux	52	19	11	19
F14	Champagne charentaise	33	37	2	27
F15	Périgord	22	35	2	41
F21	Landes de Gascogne	0	0	0	99
F22	Dunes atlantiques	0	1	4	95
F23	Bazadais, Double et Landais	5	20	0	75
F30	Coteaux de la Garonne	35	48	3	15
F40	Causses du Sud-Ouest	44	41	2	14
F51	Adour atlantique	35	51	0	14
F52	Collines de l'Adour	17	58	1	25
G11	Châtaigneraie du Centre et de l'Ouest	11	9	80	1
G12	Marches du Massif central	11	24	65	1
G13	Plateaux limousins	2	3	93	2
G21	Plateaux granitiques ouest du Massif central	1	1	96	3
G22	Plateaux granitiques du centre du Massif central	2	3	92	2
G23	Morvan et Autunois	15	11	74	1
G30	Massif central volcanique	7	4	87	2
G41	Bordure Nord-Est du Massif central	14	19	67	0
G42	Monts du Vivarais et du Pilat	6	15	77	3
G50	Ségala et Châtaigneraie auvergnate	15	8	76	1
G60	Grands Causses	62	15	21	2
G70	Cévennes	8	11	74	6
G80	Haut-Languedoc et Lézou	15	6	77	1
G90	Plaines alluviales et piémonts du Massif central	22	14	61	4
H10	Préalpes du Nord	66	5	25	3
H21	Alpes externes du Nord	40	2	55	3
H22	Alpes internes du Nord	46	3	45	6
H30	Alpes externes du Sud	77	8	12	2
H41	Alpes intermédiaires du Sud	64	5	26	4
H42	Alpes internes du Sud	60	4	32	4
I11	Marches pyrénéennes	74	23	2	0
I12	Pyrénées cathares	41	32	26	1
I13	Corbières	48	37	13	2
I21	Haute-chaîne pyrénéenne	33	39	23	5
I22	Pyrénées catalanes	6	46	43	4
J10	Garrigues	64	28	5	3
J21	Roussillon	9	69	8	13
J22	Plaines et collines rhodaniennes et languedociennes	59	33	6	2
J23	Provence calcaire	67	24	5	4
J24	Secteurs niçois et préligure	72	18	7	3
J30	Maures et Esterel	8	58	19	15
J40	Préalpes du Sud	61	27	7	4
K11	Corse occidentale		93		7
K12	Montagne corse		91		9
K13	Corse orientale	0	93	1	6

Protocole – projet INSENSE 2017

Diagnostic de sensibilité des écosystèmes forestiers à un export supplémentaire de biomasse

Matériel	Tarière pédologique
	Pioche
	Couteau
	De l'acide chlorhydrique (HCl), dilué à 1/10 (à acheter en droguerie ou dans un magasin de bricolage)
	De l'eau (au moins 200 mL pour un relevé)

L'ensemble des étapes décrites doit être répété sur au moins 3 points d'observations espacés de 5-10m pour apprécier la variabilité spatiale. Si les résultats des 3 points en termes d'indications sont hétérogènes, il convient d'augmenter le nombre de point.

Ces points d'observations doivent se situer dans une zone non perturbée (à éviter : trouée, cloisonnement, chemin, zone tassée, près de bois morts) représentative de l'unité de gestion à diagnostiquer.

Les profondeurs sont mesurées en mettant le zéro sous la couche de « litière/humus ».

1) Creuser jusqu'à **au moins 25 cm** (pioche puis tarière par exemple), si possible. Estimer si les racines des arbres peuvent prospecter à plus de 25 cm de profondeur sur au moins un des points d'observation (cocher « oui » si la profondeur prospectable est \geq 25 cm, « non » dans le cas contraire). Exemples d'obstacles au racines : nappe permanente, horizon extrêmement compact, dalle rocheuse horizontale, etc..

2) Effervescence : noter si la terre fine (taille des éléments < 2 mm) fait effervescence à l'acide chlorhydrique avant 25 cm de profondeur sur au moins un des points d'observation. Si l'effervescence est localisée sur les éléments grossiers ou si elle apparaît après 25 cm, cocher « non ». S'il n'est pas possible de creuser jusqu'à 25 cm, cocher également « non ».

3) Texture : prélever une bonne pincée de sol à environ **10 centimètres de profondeur** (attention, ne pas prélever dans l'humus mais bien dans le premier horizon minéral). Estimer la texture en s'aidant de la clé. Ne pas hésiter à réhumidifier l'échantillon, et à le malaxer pour obtenir une consistance homogène. Noter la classe de texture majoritaire. La texture est une variable clé du diagnostic, elle doit être estimée avec la plus grande attention

4) Forme d'humus : apprécier le pourcentage de recouvrement des différentes couches organiques (en fonction de leur présence/absence sur les différents points) et déterminer la forme d'humus en s'aidant de la clé (La nomenclature des formes d'humus utilisée correspond à celle du Référentiel Pédologique (2008)). Le mieux est de découper une portion d'humus avec le couteau pour visualiser celui-ci en coupe. On peut également « gratter » l'humus délicatement pour observer les couches successives. La forme d'humus est une variable clé du diagnostic, elle doit être déterminée avec la plus grande attention

5) Noter la grande région écologique (GRECO).

6) Utiliser les clés de détermination pour obtenir la sensibilité prédite par élément.

7) Combiner les 5 sensibilités :

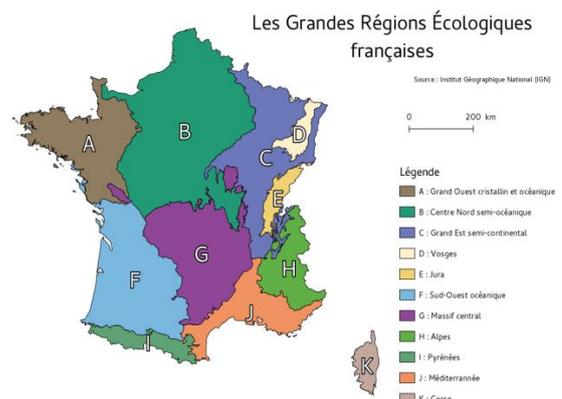
-faible : au moins 3 éléments en sensibilité faible, aucun en sensibilité forte

-moyenne : au moins 3 éléments en sensibilité moyenne

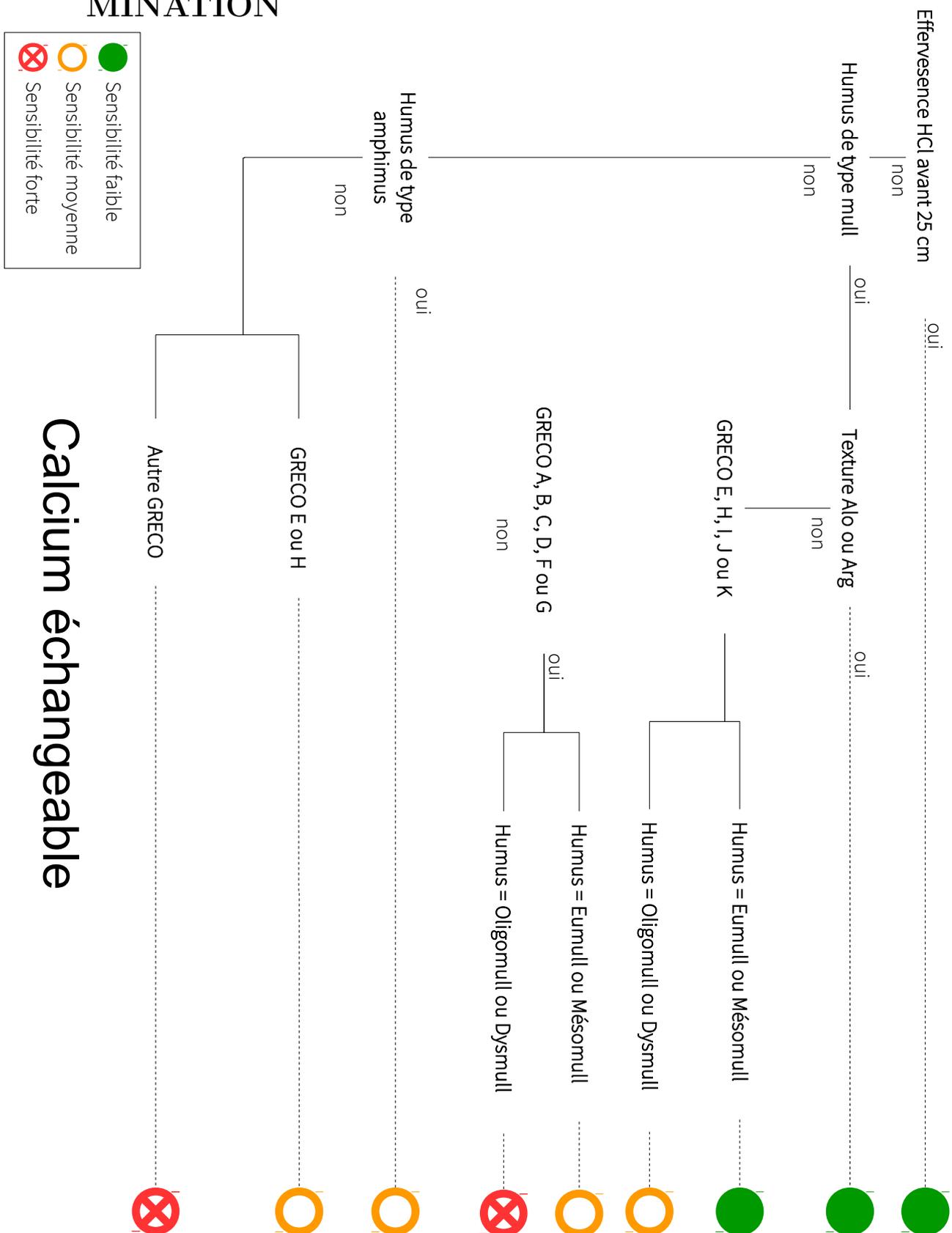
-forte : au moins 3 éléments en sensibilité forte, aucun en sensibilité faible

-partielle : au moins un élément en sensibilité faible et un élément en sensibilité forte

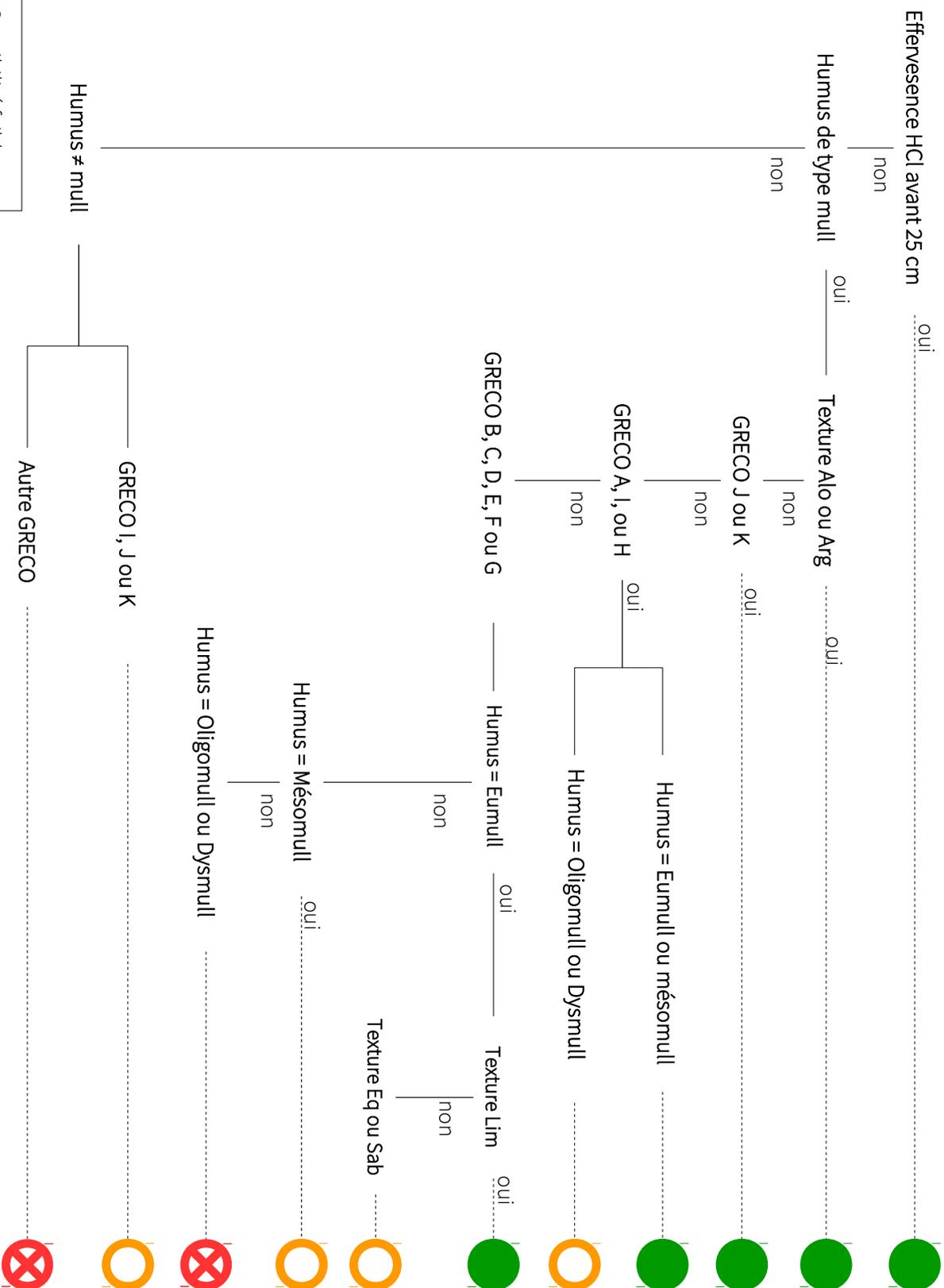
8) Ajuster la sensibilité du sol en fonction de la profondeur prospectable : si la profondeur prospectable est inférieure à 25 cm, la sensibilité du sol est déclassée d'une catégorie : faible devient moyen, moyen ou partielle devient fort. Si présence d'une tourbe la sensibilité devient forte.



0.2 Application du diagnostic INSENSÉ – CLÉS DE DÉTERMINATION



Calcium échangeable



Legend for Magnésium échangeable classification:

-  Sensibilité faible
-  Sensibilité moyenne
-  Sensibilité forte

Magnésium échangeable

Humus = famille des amphimus oui 

GRECO G et humus de type moder oui 

Texture Alo | non | oui GRECO F oui 

Texture Arg | non | oui GRECO F, I ou J oui 

Texture Lim | non | oui GRECO B, C, F, I, J ou K oui 

Texture Eq | non | oui GRECO E, H ou A oui 

Texture Sab | non | oui GRECO B oui 

Texture Sab | oui | non GRECO B, C, D, F ou J oui 

Texture Sab | oui | non GRECO B oui 

Texture Sab | oui | non GRECO B oui 

Texture Sab | oui | non GRECO B oui 

Texture Sab | oui | non GRECO B, C, D, F ou J oui 

Texture Sab | oui | non GRECO B, C, D, F ou J oui 

	Sensibilité faible
	Sensibilité moyenne
	Sensibilité forte

Azote total

0.3 Application du diagnostic INSENSÉ – ANALYSES DE SOL

Seuils analytiques de sensibilité des sols forestiers à un export supplémentaire d'éléments nutritifs.

Pour chacun des éléments nutritifs, la concentration de la couche 0–10 cm doit être déterminée selon la méthode renseignée dans le tableau, sur un échantillon de sol représentatif du site diagnostiqué (en cas de variabilité spatiale, préférer un échantillon composite). La comparaison des valeurs obtenues avec les seuils donne la classe de sensibilité du site considéré.

Eléments nutritifs	Méthode d'analyse	unité	sensibilité forte	sensibilité faible
Calcium échangeable	Extraction au chlorure de cobaltihexammine (NF X31-130)	cmol ⁺ kg ⁻¹	< 1.5	> 10
Magnésium échangeable	Extraction au chlorure de cobaltihexammine (NF X31-130)	cmol ⁺ kg ⁻¹	< 0.46	> 1
Potassium échangeable	Extraction au chlorure de cobaltihexammine (NF X31-130)	cmol ⁺ kg ⁻¹	< 0.24	> 0.35
Phosphore total	Extraction à l'eau régale (NF ISO 11466 :1995)	mg kg ⁻¹	< 100	> 200
Phosphore assimilable	Méthode Duchaufour	mg kg ⁻¹	< 23	> 47
Azote total	Combustion sèche (NF ISO 13878 :1998)	g kg ⁻¹	< 1.47	> 2.85