



JUL.  
2018

---

# PROJET INSENSE

---

Indicateurs de SENSibilité des  
Ecosystèmes forestiers soumis à une  
récolte accrue de biomasse

---

Annexe

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

En partenariat avec :



## REMERCIEMENTS

Coordination : Laurent Augusto (Bordeaux Sciences Agro) et Noémie Pousse (ONF)  
Scientifiques partenaires : Arnaud Legout (INRA), Bernard Jabiol, Joseph Levillain et Ingrid Seynave (Université de Lorraine – AgroParisTech - INRA)

## CITATION DE CE RAPPORT

**Augusto Laurent, Pousse Noémie, Legout Arnaud, Seynave Ingrid, Jabiol Bernard, Levillain Joseph. 2018. INSENSE : Indicateurs de SENSibilité des Ecosystèmes forestiers soumis à une récolte accrue de biomasse. Livret terrain de diagnostic. 23 pages.**

Cet ouvrage est disponible en ligne [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### **Ce document est diffusé par l'ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

**Numéro de contrat :** 1360C0088

**Projet de recherche coordonné par :** AUGUSTO Laurent (INRA - Bordeaux Sciences Agro) et POUSSE Noémie (ONF)

**Appel à projet de recherche :** REACCTIF

**Coordination technique - ADEME :** DEPARTE Alba  
Direction/Service : DPED / SFAB

# APPLICATION DU DIAGNOSTIC INSENSÉ – PRÉ-ZONAGE

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. 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 suivant.

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 périvosgiennes 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
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

code SER	Nom SER	Faible	Moyenne	Partielle	Forte
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 ET FICHE DE RELEVÉ  
Outil de diagnostic INSENSÉ

# 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 aux 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

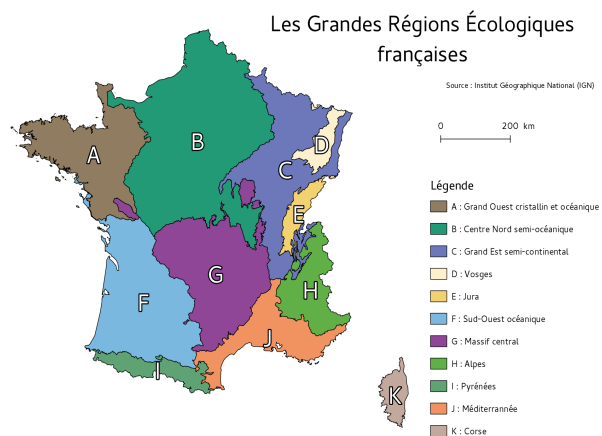
5) Noter la grande région écologique (GRECO).

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

7) Combiner les 5 sensibilités suivant les indications présentes sur la fiche de relevé.

8) Ajuster la sensibilité du sol en fonction de la profondeur prospectable et si présence d'une tourbe.

9) Noter la sensibilité finale diagnostiquée, ainsi que tous les commentaires jugés utiles (peuplement, etc.).



# Fiche de relevé — projet Insensé 2017

N° de relevé :	Observateur :
Date :	Coordonnée X :
Lieu :	Coordonnée Y :

<b>1</b> Prof. prospectable $\geq$ 25 cm <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <sup>(1)</sup>	<b>4</b> Forme d'humus <input type="checkbox"/> Eumull <input type="checkbox"/> Mésomull <input type="checkbox"/> Oligomull <input type="checkbox"/> Dysmull <input type="checkbox"/> Moder (sans Dysmoder) <input type="checkbox"/> Mor (Dysmoder inclus) <input type="checkbox"/> Amphi <input type="checkbox"/> Hydromor ou Hydromoder <input type="checkbox"/> Anmoor <input type="checkbox"/> Tourbe <sup>(2)</sup>	<b>5</b> Grande région écologique <input type="checkbox"/> A : Grand Ouest cristallin et océanique <input type="checkbox"/> B : Centre Nord semi-océanique <input type="checkbox"/> C : Grand Est semi-continentale <input type="checkbox"/> D : Vosges <input type="checkbox"/> F : Sud-Ouest océanique <input type="checkbox"/> G : Massif central <input type="checkbox"/> E : Jura <input type="checkbox"/> H : Alpes <input type="checkbox"/> I : Pyrénées <input type="checkbox"/> J : Méditerranée <input type="checkbox"/> K : Corse
<b>2</b> Prof. Effervescence $\leq$ 25 cm <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
<b>3</b> Texture (0-10 cm) <input type="checkbox"/> Sableux <input type="checkbox"/> Équilibré <input type="checkbox"/> Limoneux <input type="checkbox"/> Argileux <input type="checkbox"/> Argile lourde		

6	Sensibilité	Ca	Mg	K	P	N
	<b>Faible</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<b>Moyenne</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<b>Forte</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sensibilité combinée :

<b>7</b> <input type="checkbox"/> <b>Faible</b>	<input type="checkbox"/> <b>Moyenne</b>	<input type="checkbox"/> <b>Forte</b>	<input type="checkbox"/> <b>Indéterminée</b>
Au moins 3 verts, aucun rouge	Au moins 3 oranges	Au moins 3 rouges, aucun vert	Autre combinaison

**8** Ajustements :

<sup>(1)</sup> Si la profondeur prospectable est inférieure à 25 cm, la sensibilité du sol est déclassée d'une catégorie :  
**faible** → **moyenne** | **moyenne** ou **indéterminée** → **forte**

<sup>(2)</sup> Si l'humus [4] est de type 'tourbe' (voir étape 4), la sensibilité du sol est **forte**.

**9** Sensibilité finale du sol à l'export des rémanents :

.....

Commentaires :



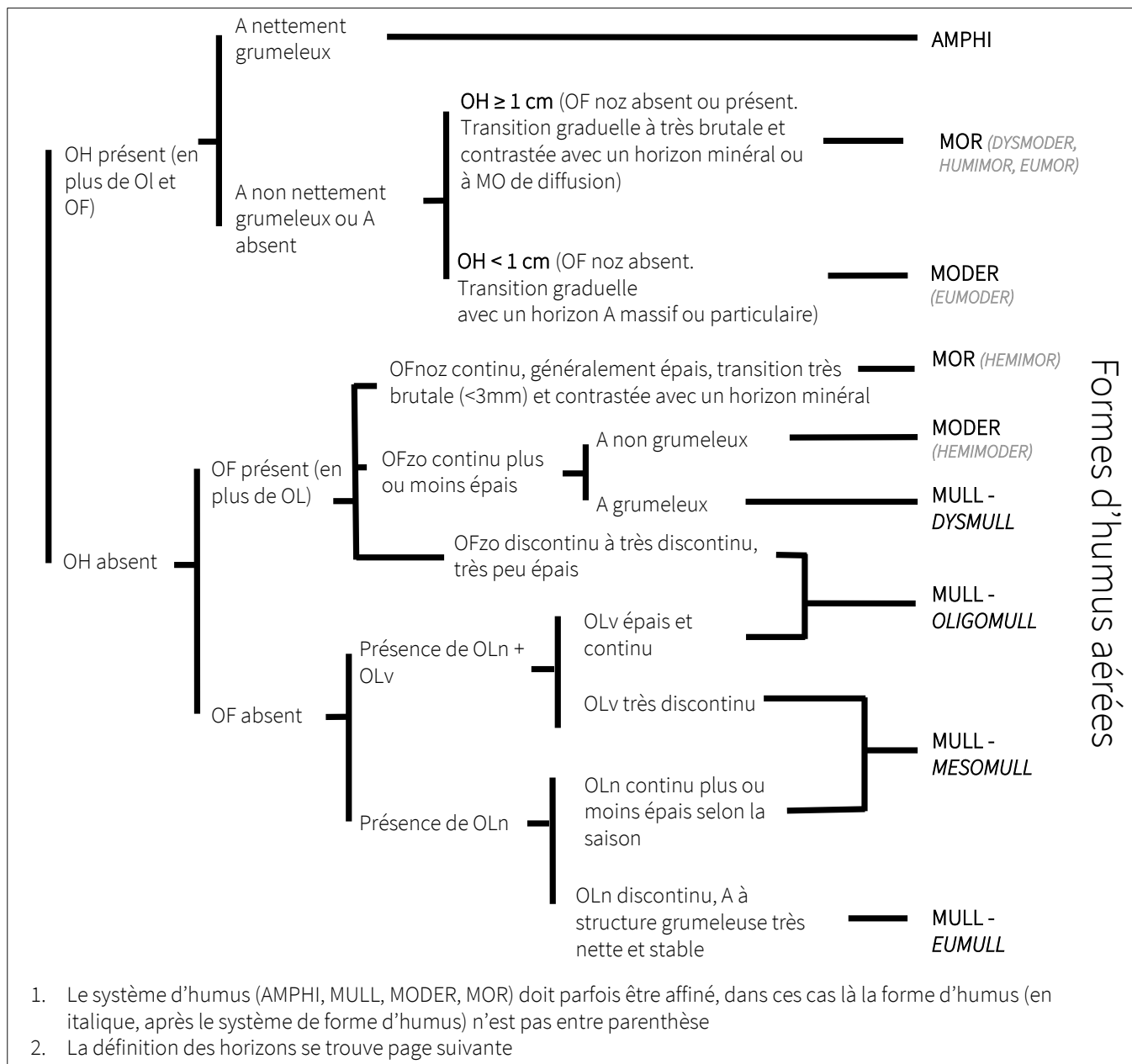
CLÉS DE DÉTERMINATION DES FORMES  
D'HUMUS ET DES TEXTURES  
Outil de diagnostic INSENSÉ

## Projet Insensé 2017

### Diagnostic de sensibilité des sols à un export de rémanents

# Clé simplifiée de détermination de la forme ou du système d'humus

Adapté de Jabiol et al. et du Référentiel pédologique 2008



**HYDRO-HUMUS** : lorsque l'horizon A ou le premier horizon minéral présente des caractères d'hydromorphie (engorgement temporaire), les formes d'humus sont qualifiées d' hydro (exemple : hydromull, hydromor...)

**ANMOOR** : couche OL présentes ou absentes (OF et OH absents) reposant sur un horizon organo-minéral noir épais (jusqu'à 30 cm), de consistance plastique et à structure massive en période d'engorgement et biomacrostructuré en période d'abaissement de la nappe (nappe quasi permanente).

**TOURBE** : horizons constitués quasiment entièrement de débris végétaux (<20 % de matière minérale), saturés par l'eau durant des période prolongées et reposant directement sur un substrat.

Formes d'humus hydromorphes

# Les horizons de l'humus

**OL** = horizon constitué de débris foliaires non ou peu évolués et de débris ligneux et contenant moins de 10% en volume de matière organique fine

**OLn** = débris foliaires et ligneux de l'année, non fragmentés

**OLt** = débris végétaux plus ou moins fragmentés, mais résultants de l'activité des vers anéciques, *sans matière organique fine en mélange* et reposant directement sur l'horizon A. Des turricules de vers de terre sont souvent présents dans cette couche (forte activité biologique). Il s'agit de la couche OLn qui est simplement fragmentée

**OLv** = débris végétaux peu fragmentés mais visiblement modifiés depuis le moment de leur chute. Ces débris sont collés entre eux **et** ramollis **et** blanchis (attention, la présence de mycélium n'est pas un blanchiment)

**OF** = horizon formé de résidus végétaux surtout d'origine foliaire plus ou moins fragmentés, reconnaissables à l'œil nu, *en mélange avec 10 à 70% en volume de matières organiques fines*.

**OFzo** = horizon OF zoogène, les matières organiques fines correspondent à des boulettes fécales (forme arrondie) de la faune de la litière plus ou moins transformées

**OFnoz** = horizon OF non zoogène sans activité animale notable dans lequel la fragmentation sont d'origine mécanique (gel/dégel...) donnant une structure feuilletée assez compacte

**OH** = horizon contenant plus de 70% en volume de matières organiques fines (hors racines fines), peut contenir quelques minéraux silicatés

**OHzo** = OH zoogène dont les constituants sont majoritairement issus de l'accumulation et de la transformation des boulettes fécales de la faune de la litière

**OHnoz** = non zoogène, sans activité animale actuelle identifiable à l'œil nu, structure fibreuse, massive ou particulière (horizon se pulvérise)

**A** = horizon organo-minéral contenant en mélange des matières organiques et des matières minérales.

## NE PAS CONFONDRE OLt et OF

Dans la couche OF, on voit très bien des petites boulettes fécales (taille millimétrique) intercalées entre les débris végétaux. Ce n'est pas le cas dans la couche OLt : la matière organique n'y est pas visible.

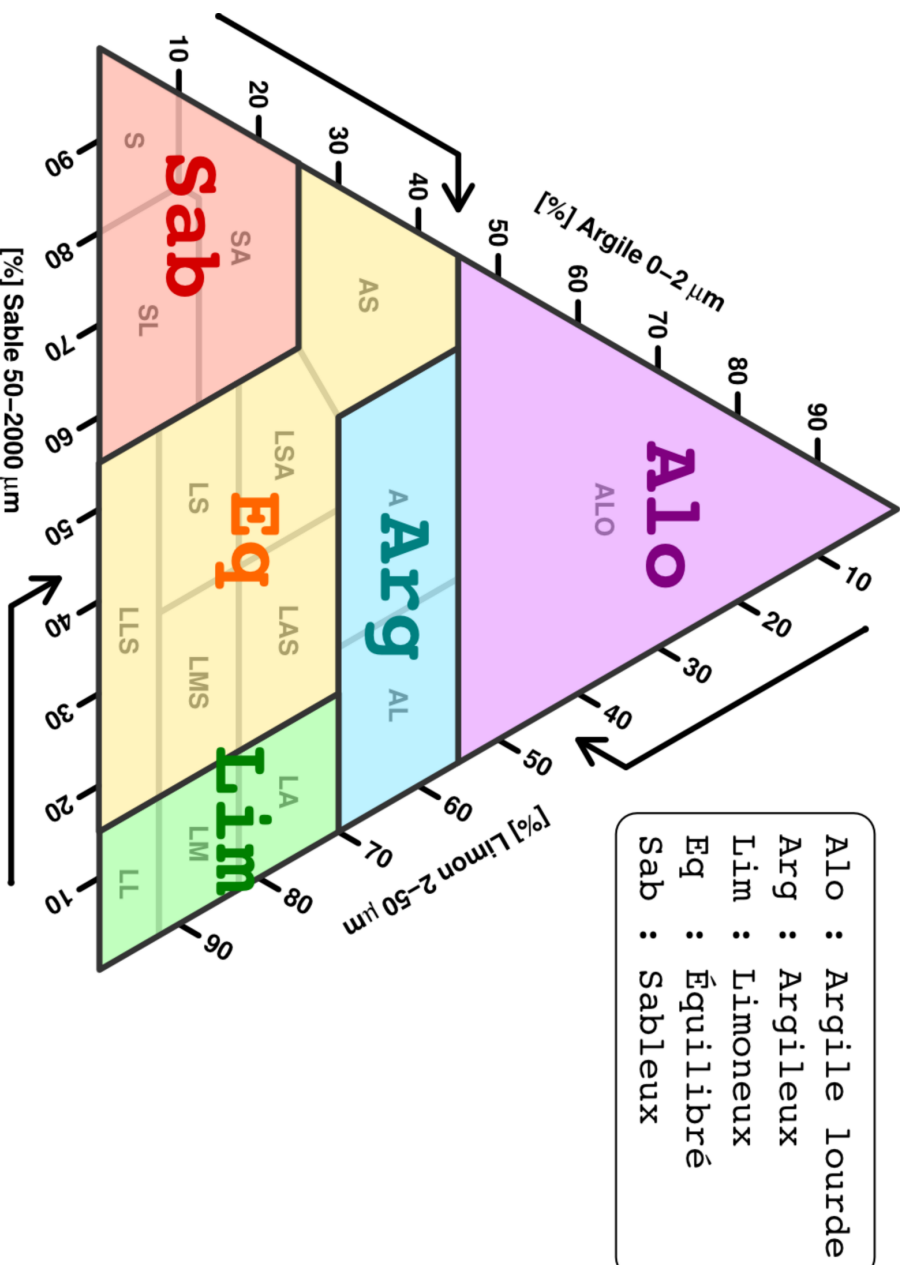
**C'est une erreur fréquente qu'il est d'important d'éviter !**

## Détermination de la texture (5 classes) – projet Insensé 2017

**Sableux** | **Équilibré** | **Limoneux** | **Argileux** | **Argile lourde**

La meilleure estimation de la texture d'un sol est celle qui sera faite sur un échantillon humide de 2 à 4 cm<sup>3</sup>. Si l'échantillon est trop sec, il faudra l'humecter en évitant de le noyer. On essaie ensuite de l'écraser, de le rouler entre les doigts, de le faire glisser entre le pouce et l'index. Mais attention, il est souvent intéressant de tester aussi certaines propriétés à sec ou au contraire sur un échantillon détrempe (ou noyé).

Pour le projet Insensé, la texture est évaluée selon un triangle en 5 classes adapté à partir des triangles de l'Aisne (15 classes) et de la FAO (5 classes) : Argile lourde, Argileux, Limoneux, Équilibré et Sableux.



## Détermination de la texture (5 classes) – projet Insensé 2017

**Sableux** | **Équilibré** | **Limoneux** | **Argileux** | **Argile lourde**

Grains nettement sensibles au toucher ou à l'oreille (sables abondants à dominants)

oui \_\_\_\_\_ Possibilité de former une boule à l'état humide

oui \_\_\_\_\_ Échantillon nettement collant, sables dominants  
non \_\_\_\_\_ Échantillon peu ou moyennement collant, sables non dominants

non \_\_\_\_\_

Échantillon non cohérent, non collant

oui \_\_\_\_\_ sables dominants

non \_\_\_\_\_

**Sab**

**Eq**

**Sab**

**Eq**

Sec : dur à pulvériser entre le pouce et l'index  
Humide : collant, consistance plastique (modelable), les empreintes des doigts se marquent et on peut faire une grosse pellicule lisse, à l'écrasement entre le pouce et l'index. Quelques grains de sable possible

oui \_\_\_\_\_

oui \_\_\_\_\_ Humide : extrêmement collant, fermé à l'écrasement

oui \_\_\_\_\_

non \_\_\_\_\_

**Arg**

non \_\_\_\_\_

Sec : poussiéreux, facile à réduire en poudre  
Humide : souple, doux au toucher, peu collant  
Très humide : savonneux, aspect de boue

oui \_\_\_\_\_

oui \_\_\_\_\_ Détrampé : on sent des grains de sable abondants dans le creux de la main

oui \_\_\_\_\_

non \_\_\_\_\_

non \_\_\_\_\_ Pelucheux à l'écrasement entre pouce et index, ± modelable (boudin possible ou rarement impossible), peu collant (sauf si trop mouillé), souple

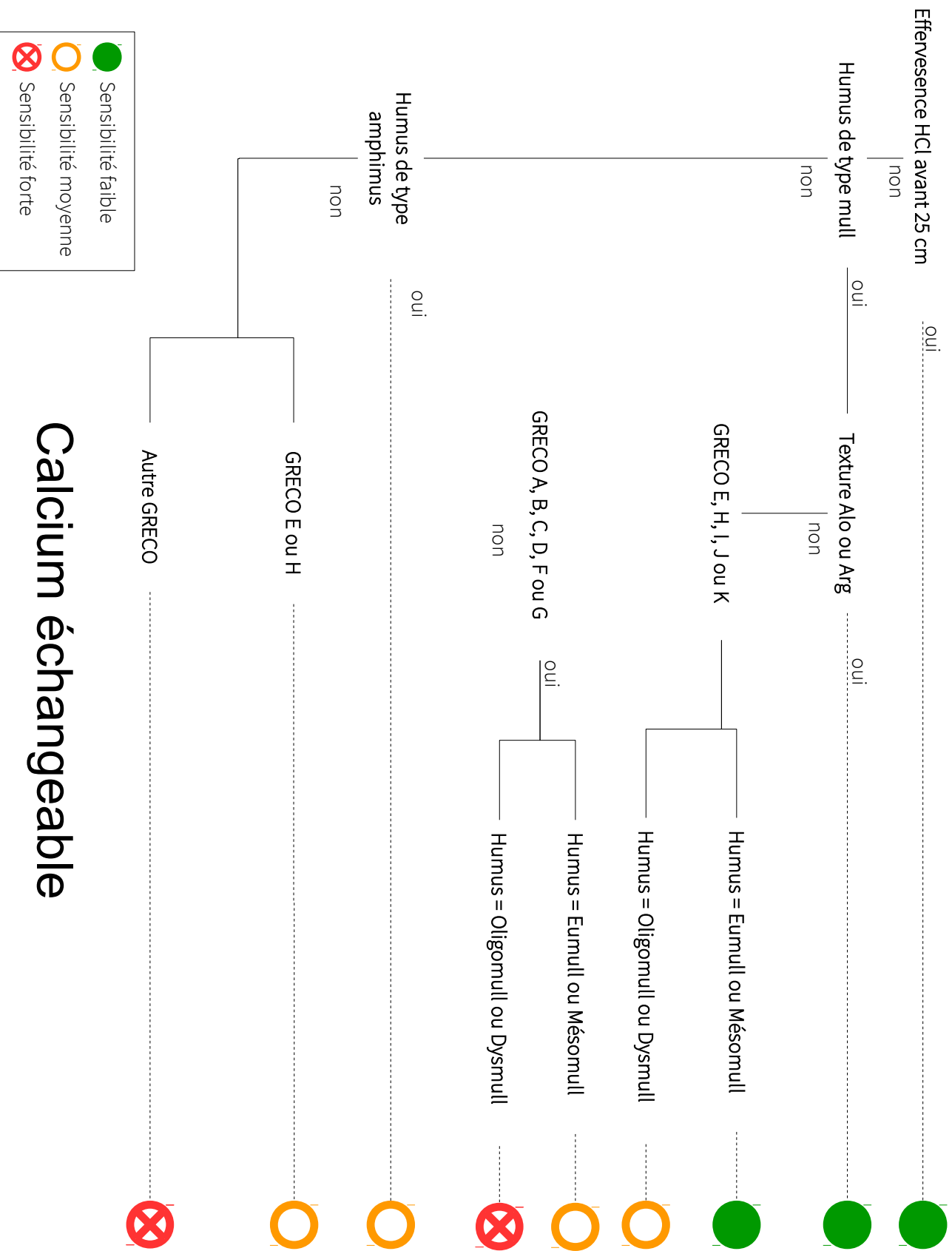
**Lim**

Equilibre entre fractions sableuse, argileuse, et limoneuse

oui \_\_\_\_\_

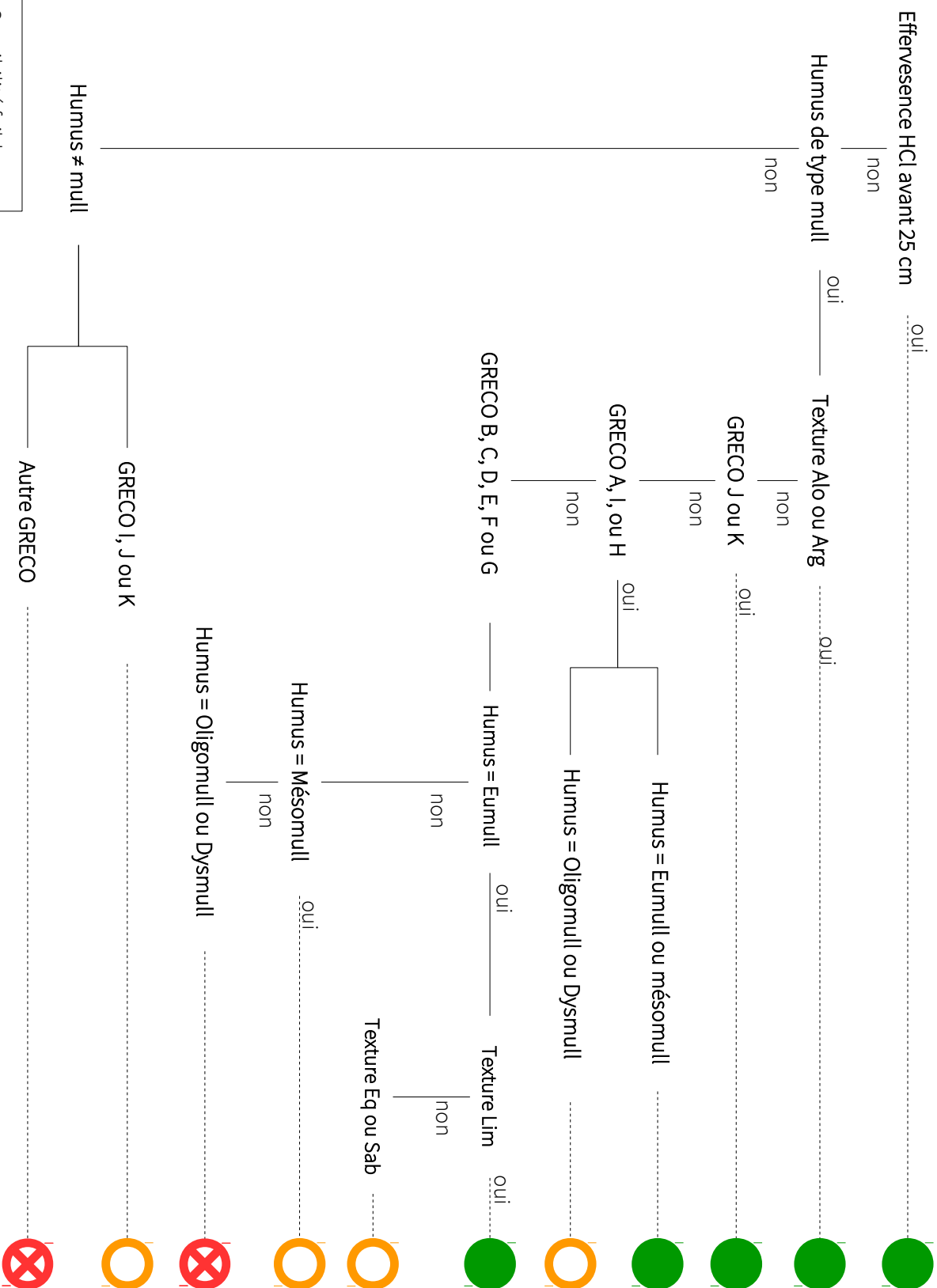
**Eq**

CLÉS DE DÉTERMINATION DES  
SENSIBILITÉS ÉLÉMENTAIRES POUR CINQ  
ÉLÉMENTS NUTRITIFS DES PEUPLEMENTS  
FORESTIERS  
Outil de diagnostic INSENSÉ






# Calcium échangeable

- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- ⊗ Sensibilité forte

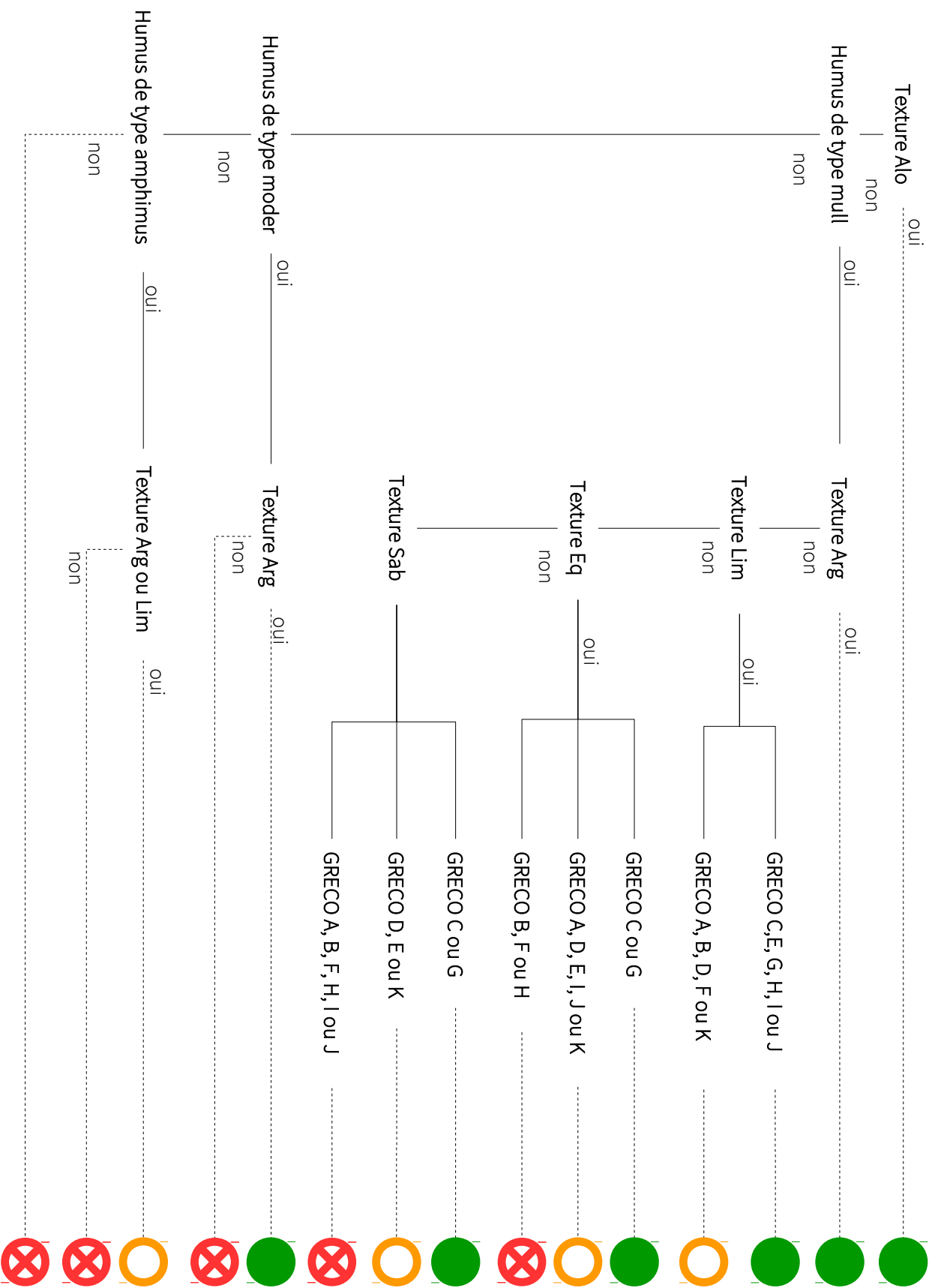


Legend for Sensitivity Levels:

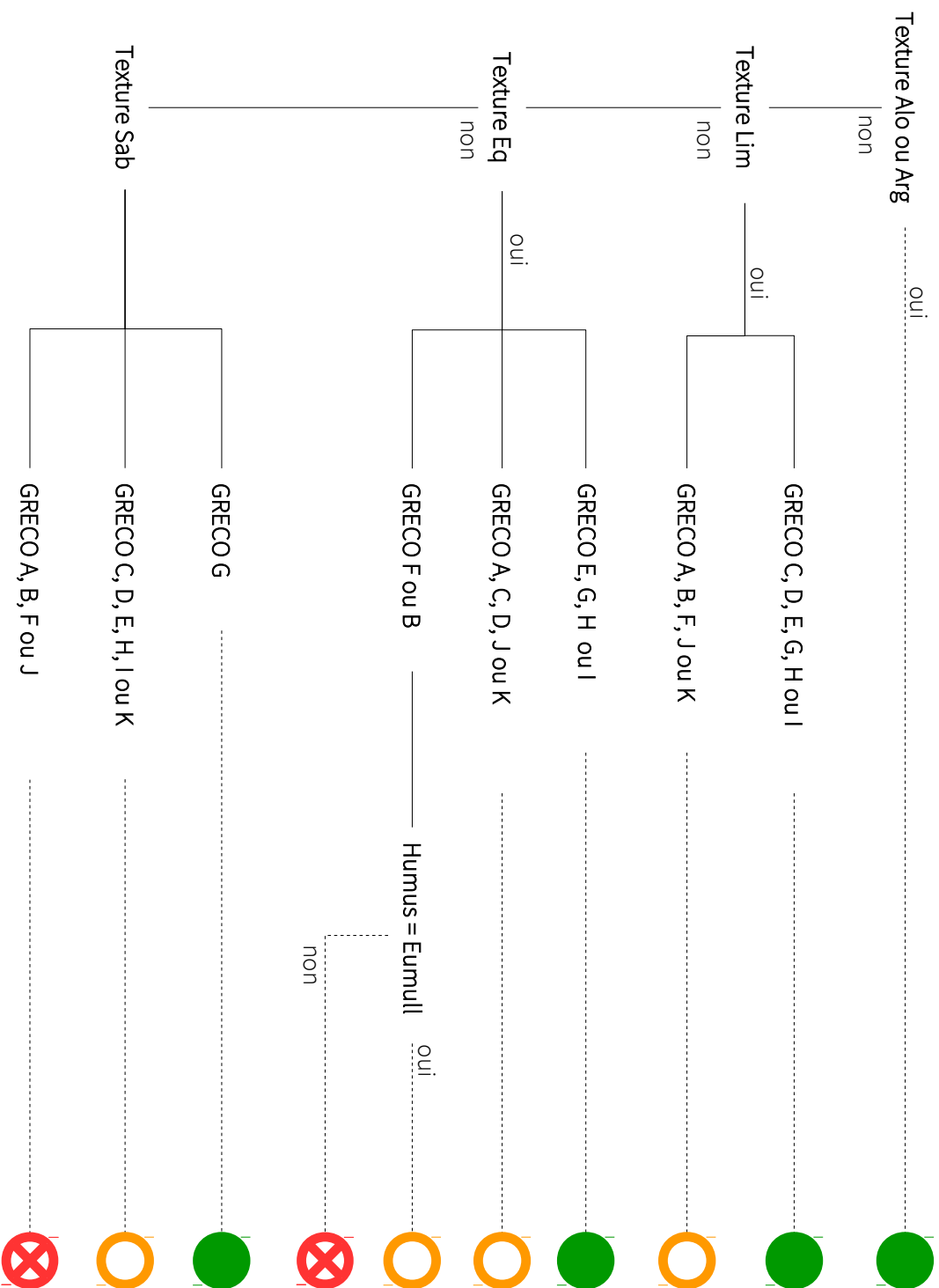
-  Sensibilité faible
-  Sensibilité moyenne
-  Sensibilité forte




# Magnésium échangeable





# Potassium échangeable





 Sensibilité faible  
 Sensibilité moyenne  
 Sensibilité forte


# Phosphore total

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 ..... oui 

Texture Sab | oui | non ..... GRECO B ..... oui 

	Sensibilité faible
	Sensibilité moyenne
	Sensibilité forte

# Azote total

DÉTERMINATION DES SENSIBILITÉS  
ÉLÉMENTAIRES POUR CINQ ÉLÉMENTS  
NUTRITIFS DES PEUPELEMENTS  
FORESTIERS A PARTIR D'ANALYSES DE SOL  
Diagnostic analytique INSENSÉ

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

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### ILS L'ONT FAIT

*L'ADEME catalyseur* : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

*L'ADEME expert* : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### FAITS ET CHIFFRES

*L'ADEME référent* : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

*L'ADEME facilitateur* : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### HORIZONS

*L'ADEME tournée vers l'avenir* : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



# PROJET INSENSE

**Résumé** En vue d'atteindre les objectifs internationaux de baisse des émissions de gaz à effet de serre, la biomasse forestière est une ressource renouvelable de plus en plus utilisée. Augmenter les prélèvements de bois peut avoir un impact non négligeable sur l'écosystème forestier, surtout si on s'intéresse au prélèvement des bois qui n'étaient pas ou plus collectés (troncs de faibles diamètres, branches, feuillages), souvent très fortement concentrés en éléments minéraux. Les effets sur le sol d'un export supplémentaire d'éléments minéraux ne sont pas systématiquement négatifs, c'est pourquoi les forestiers ont besoin de connaître les sols susceptibles de supporter un tel export sans compromettre la production de bois sur le long terme : l'énergie ne sera renouvelable que si la gestion l'est.

Le projet INSENSÉ, financé avec le soutien de l'ADEME (programme REACTIF) a eu pour objectif de produire des indicateurs de sensibilité des sols à une récolte accrue de biomasse qui soient à la fois fiables, peu chers, tout-terrain et confortables. A partir d'une analyse approfondie de la littérature et de la mise en commun de données sur les sols forestiers, (i) des indicateurs de sensibilité des écosystèmes forestiers à partir d'analyses de sol en laboratoire ont été définis et (ii) un outil simplifié de terrain pour prédire cette sensibilité a été construit et testé (jeu de données indépendants et test d'appropriation auprès de gestionnaires forestiers). L'indicateur analytique de sensibilité des sols forestiers retenu est la concentration en éléments nutritifs (calcium, magnésium, potassium, phosphore et azote) dans l'horizon de surface, proxy le plus probable en l'état actuel des connaissances de la prépondérance des cycles biologiques dans la nutrition des arbres. Des clés de détermination ont permis de simplifier cet indicateur analytique peu accessible aux forestiers. Elles prédisent la sensibilité d'un sol forestier à partir de 5 descripteurs du sol : la forme d'humus, la texture, la profondeur d'apparition de l'effervescence de la terre fine à l'acide chlorhydrique, la grande région écologique (GRECO, définie par l'IFN) et la profondeur prospectable par les racines (seuil à 25cm pour les profondeurs). Cet indicateur simplifié de terrain a ensuite été testé statistiquement et techniquement, en partant à la rencontre de potentiels utilisateurs.

Sur les deux plans, il présente une amélioration par rapport à l'outil existant (clé de sensibilité des sols du guide ADEME 2006). Il a été globalement bien accepté par les futurs utilisateurs, et les résultats de l'indicateur terrain sont plutôt en accord avec ceux de l'indicateur analytique. Cette étude montre une démarche complète de développement d'un outil d'aide à la décision, depuis sa définition scientifique jusqu'à sa simplification pour un usage par des non scientifiques.



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)





# INSENSÉ

## Résumé

En vue d'atteindre les objectifs internationaux de baisse des émissions de gaz à effet de serre, la biomasse forestière est une ressource renouvelable de plus en plus utilisée. Augmenter les prélèvements de bois peut avoir un impact non négligeable sur l'écosystème forestier, surtout si on s'intéresse au prélèvement des bois qui n'étaient pas ou plus collectés (troncs de faibles diamètres, branches, feuillages), souvent très fortement concentrés en éléments minéraux. Les effets sur le sol d'un export supplémentaire d'éléments minéraux ne sont pas systématiquement négatifs, c'est pourquoi les forestiers ont besoin de connaître les sols susceptibles de supporter un tel export sans compromettre la production de bois sur le long terme : l'énergie ne sera renouvelable que si la gestion l'est.

Le projet INSENSÉ, financé avec le soutien de l'ADEME (programme REACTIF) a eu pour objectif de produire des indicateurs de sensibilité des sols à une récolte accrue de biomasse qui soient à la fois fiables, peu chers, tout-terrain et confortables. A partir d'une analyse approfondie de la littérature et de la mise en commun de données sur les sols forestiers, (i) des indicateurs de sensibilité des écosystèmes forestiers à partir d'analyses de sol en laboratoire ont été définis et (ii) un outil simplifié de terrain pour prédire cette sensibilité a été construit et testé (jeu de données indépendants et test d'appropriation auprès de gestionnaires forestiers). L'indicateur analytique de sensibilité des sols forestiers retenu est la concentration en éléments nutritifs (calcium, magnésium, potassium, phosphore et azote) dans l'horizon de surface, proxy le plus probable en l'état actuel des connaissances de la prépondérance des cycles biologiques dans la nutrition des arbres. Des clés de détermination ont permis de simplifier cet indicateur analytique peu accessible aux forestiers. Elles prédisent la sensibilité d'un sol forestier à partir de 5 descripteurs du sol : la forme d'humus, la texture, la profondeur d'apparition de l'effervescence de la terre fine à l'acide chlorhydrique, la grande région écologique (GRECO, définie par l'IFN) et la profondeur prospectable par les racines (seuil à 25cm pour les profonds). Cet indicateur simplifié de terrain a ensuite été testé statistiquement et techniquement, en partant à la rencontre de potentiels utilisateurs. Sur les deux plans, il présente une amélioration par rapport à l'outil existant (clé de sensibilité des sols du guide ADEME 2006). Il a été globalement bien accepté par les futurs utilisateurs, et les résultats de l'indicateur terrain sont plutôt en accord avec ceux de l'indicateur analytique. Cette étude montre une démarche complète de développement d'un outil d'aide à la décision, depuis sa définition scientifique jusqu'à sa simplification pour un usage par des non-scientifiques.



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

