

# RD35 Branchement sur l'échangeur d'Arles- Sud de la RN113

**Cahier de réponse aux remarques de la DDTM 13** sur la  
demande d'autorisation au titre des articles L.214-1 à 6 du Code  
de l'Environnement comprenant l'évaluation simplifiée des  
incidences Natura 2000

Commune d'Arles (13)



## Sommaire

<b><i>Préambule.....</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>1. Réponses aux demandes de compléments concernant le volet hydraulique .....</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>2. Réponses aux demandes de compléments concernant la zone humide.....</i></b>	<b><i>5</i></b>
<b><i>3. Réponses aux demandes de compléments concernant le volet Natura 2000.....</i></b>	<b><i>7</i></b>
<b><i>4. Annexe 1 : Courrier du préfet de région daté du 24 aout 2017 et courrier d’instruction du dossier par le service Mer, Eau, Environnement de la DDTM daté du 21 aout 2017 .....</i></b>	<b><i>13</i></b>
<b><i>5. Annexe 2 : Détail des indicateurs de suivi des zones humides.....</i></b>	<b><i>14</i></b>

## PRÉAMBULE

La présente note vise à apporter une réponse aux demandes de compléments de la DDTM13 sur le dossier d'autorisation au titre des articles L.214-1 à 6 du Code de l'Environnement comprenant l'évaluation simplifiée des incidences Natura 2000 du projet d'aménagement de RD35 Branchement sur l'échangeur d'Arles-Sud de la RN113 sur la commune d'Arles.

Annexe 1 : courrier du préfet de région daté du 24 aout 2017 et courrier d'instruction du dossier par le service Mer, Eau, Environnement de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer daté du 21 aout 2017.

## 1. RÉPONSES AUX DEMANDES DE COMPLÉMENTS CONCERNANT LE VOLET HYDRAULIQUE

### Observations :

#### Concernant le volet hydraulique

Le pétitionnaire propose une compensation pour les remblais en zone inondable en amont du projet en restant globalement dans le même bassin versant, comme cela avait été accepté lors des échanges préalables. Ce déblai se situerait face au magasin Leclerc, mais de l'autre côté du canal du Vigueirat. Le site du magasin et la friche industrielle contiguë vont faire l'objet d'une extension. Dès lors, il apparaît opportun de vérifier les effets cumulés de ces différents aménagements.

Nous faisons une petite observation de forme : P7/74 : c'est la même légende, qui est affichée pour les figures 3 et 4.

Le volet risque inondation est validé.

### Réponse au premier point :

Le Dossier Loi sur l'Eau du "PROJET VOIRIE QUARTIER DE ARLES-MONTMAJOUR" de juin 2010 relatif à l'extension du magasin Leclerc et de la friche industrielle contiguë prend en compte le risque inondation et prévoit notamment p.23 d'appliquer les règles du PLU relatives au risque inondation. Aussi, la création des déblais prévus dans le cadre de la liaison Sud Est d'Arles ne pourra que limiter les inondations du secteur de Leclerc, même si la mesure mise en œuvre n'a pas pour objet de protéger cette zone mais bien de compenser sur les remblais en zone inondable réalisés plus à l'aval.

### Réponse au second point :

La légende p7/74 est modifiée comme suit :

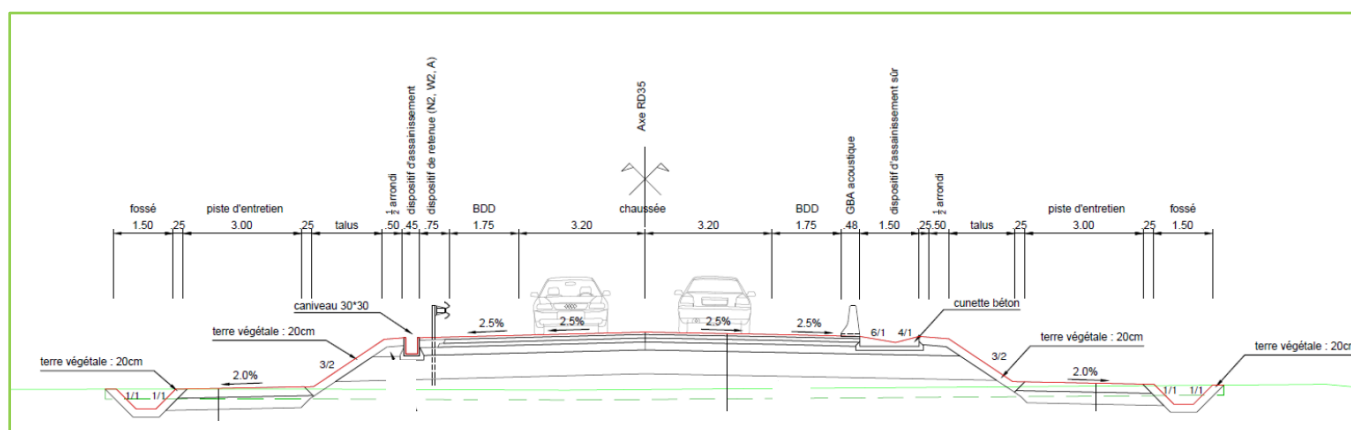
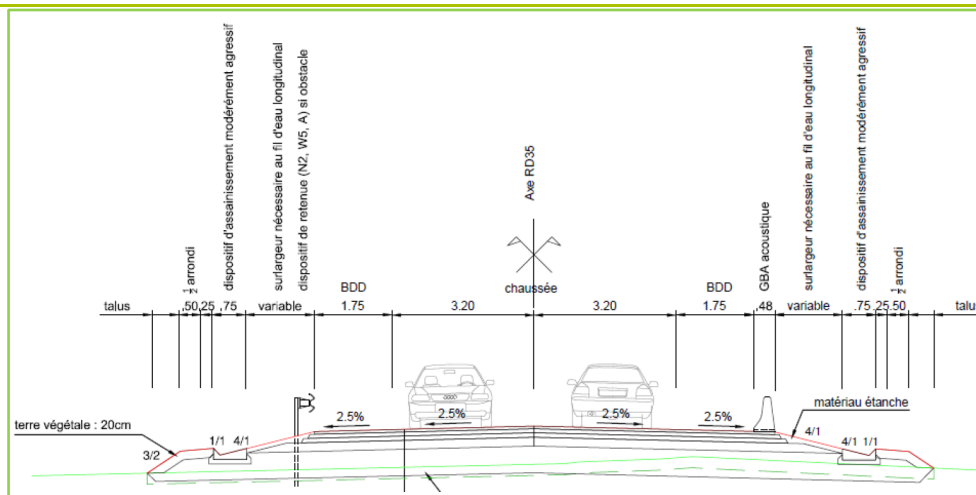


Figure 3 – Profil en travers type au niveau du PT7



**Figure 4 – Profil en travers type au niveau du PT70**



## 2. RÉPONSES AUX DEMANDES DE COMPLÉMENTS CONCERNANT LA ZONE HUMIDE

### Observation :

#### Concernant la zone humide

En p56, il est question de « *suivi des mesures compensatoires mobilisant les outils du bassin (indicateurs)* ». On connaît la durée du suivi (10 ans), mais l'on ignore le contenu du dispositif.

### Réponse :

Il est prévu de compenser 100% des zones humides impactées (950m<sup>2</sup>) par la création de nouvelles zones humides. L'emplacement retenu pour créer les zones humides se situe au droit des futures zones de compensation des remblais en zone inondable (c'est-à-dire en face du magasin Leclerc évoqué au point précédent). Une compensation supplémentaire pour un total de 950 m<sup>2</sup> également sera recherchée auprès de zones humides partiellement dégradées à améliorer. À défaut, cette compensation supplémentaire sera ajoutée à superficie équivalente aux zones humides à créer décrites précédemment (soit une compensation à 200%).

Les indicateurs de suivi « **I01** : niveau d'humidité du sol – pédologie », « **I02** : indice floristique d'engorgement » et « **I04** : dynamique hydrologique de la nappe – substances humique » proposés dans la boîte à outil de suivi des zones humides « RhoMeo » seront mis en place sur une durée de 10 ans (voir le tableau de synthèse ci-après et les fiches de suivi en annexe 2).

Le Département est propriétaire des terrains qui sur lesquelles la compensation sera réalisée.

Par ailleurs, le Département établi actuellement un marché qui prévoit expressément ces prestations de suivi.

## LES CLÉS D'ENTRÉE

### TABLEAU DE SYNTHÈSE

- Le tableau ci-dessous présente les 13 indicateurs de suivi de l'évolution des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée validés dans le cadre du programme RhoMéo.
- Pour chaque indicateur est précisé :
  - son domaine de validité (liste des sous-types SDAGE où il est applicable) ;
  - les fonctions (hydrologiques, biogéochimiques, biologiques) où les pressions pour lesquelles il est adapté ;
  - une gamme de coûts pour sa mise en œuvre

intégrant le matériel (1<sup>ère</sup> colonne) ainsi que le temps de collecte et d'analyse (2<sup>ème</sup> colonne) ; les compétences nécessaires (généraliste, qualifié, spécialiste) pour l'acquisition des données (1<sup>ère</sup> colonne) et le calcul de l'indicateur (2<sup>ème</sup> colonne).

#### Légende compétences

- 1 symbole : généraliste
- 2 symboles : qualifié
- 3 symboles : spécialiste

- Flore
- Faune
- Analyse chimique

- Piézométrie
- SIG
- Pédologie

N° et noms des Fiches Indicateurs	Milieux													Fonctions			Pressions		Coûts / Compétences			
	1	3.1	4	5	6	7.1	7.2	8	9.1	10.3	11.12	12	13	hydrologiques	biogéochimiques	biologie	d'artificialisation	des pratiques agricoles	Coûts	Acquisition des données	Analyse des données	
	2	3.2	3.3				7.3	9.2	10.1	11.11	11.13	11.2							N0	N1		
I01 : niveau d'humidité du sol - pédologie																			€€	€€	↓	↓ ↓
I02 : indice floristique d'engorgement																			€€	€€	***	***
I03 : dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres																			€€€€	€	↑	↑ ↑
I04 : dynamique hydrologique de la nappe - substances humiques																			€€	€€€	U	U U
I05 : dynamique sédimentaire - orthoptères																			€	€€	***	***
I06 : indice floristique de fertilité du sol																			€€	€€	***	***
I07 : vulnérabilité à l'eutrophisation - phosphore																			€€	€€	U	U U
I08 : indice de qualité floristique																			€€	€€	***	***
I09 : humidité du milieu - orthoptères																			€	€€	***	***
I10 : intégrité du peuplement d'odonates																			€	€€€	***	***
I11 : intégrité du peuplement d'amphibiens																			€€	€€	***	***
I12 : pression de l'artificialisation																			-	€€€*	U	U U
I13 : pression de pratiques agricoles																			-	€€€*	U	U U

#### Numérotation des milieux de référence

- N° 1 grand estuaire
- N° 2 baie et estuaire moyen plat
- N° 3 marais et lagune côtiers
- N° 3.1 - lagune
- N° 3.2 - péri-lagunaire
- N° 3.3 - péri-lagunaire avec apport d'eau
- N° 4 marais saumâtre aménagés
- N° 5 bordure de cours d'eau
- N° 6 plaine alluviale (non-détable)

- N° 7 zone humide de bas-fonds en tête de bassin versant
- N° 7.1 - zone humide d'altitude
- N° 7.2 - tourbière acide
- N° 7.3 - tourbière alcaline
- N° 7.4 - zone humide de pente et source
- N° 7.5 - zone humide de combe et bordure de ruisseaux
- N° 8 région d'étangs
- N° 9 bordure de plan d'eau (lac)
- N° 9.1 - zone humide acide
- N° 9.2 - zone humide alcaline

- N° 10 marais et lande humide de plaine
- N° 10.1 - marais (tourbière) de plaine
- N° 10.2 - prairie humide
- N° 10.3 - pré salé continental
- N° 11 zone humide ponctuelle
- N° 11.1 - mare temporaire
- N° 11.1.1 - saumâtre
- N° 11.1.2 - alcaline
- N° 11.1.3 - acide
- N° 11.2 - mare permanente
- N° 12 marais aménagés dans un but agricole
- N° 13 zone humide artificielle

N0 : coûts matériels la première année :  
 € : moins de 300 € / an / site  
 €€ : entre 300 et 500 € / an / site  
 €€€ : entre 500 et 1000 € / an / site  
 €€€€ : entre 1000 € et 2000 € / an / site

N1 : coûts annuels (temps et analyses) :  
 € : autour de 500 € / an / site  
 €€ : autour de 1000 € / an / site  
 €€€ : autour de 2000 € / an / site  
 \* : coûts pour un département

### Tableau de synthèse des outils de suivi « RhoMeo »

- les fonctions (hydrologiques, biogéochimiques, biologiques) où les pressions pour lesquelles il est adapté ;
- une gamme de coûts pour sa mise en œuvre

N° et noms des Fiches Indicateurs	Milieux													Fonctions			Pressions		Coûts / Compétences			
	1	3.1	4	5	6	7.1	7.2	8	9.1	10.3	11.12	12	13	hydrologiques	biogéochimiques	biologie	d'artificialisation	des pratiques agricoles	Coûts	Acquisition des données	Analyse des données	
	2	3.2	3.3				7.3	9.2	10.1	11.11	11.13	11.2							N0	N1		
I01 : niveau d'humidité du sol - pédologie																			€€	€€	↓	↓ ↓
I02 : indice floristique d'engorgement																			€€	€€	***	***
I03 : dynamique hydrologique de la nappe - piézomètres																			€€€€	€	↑	↑ ↑
I04 : dynamique hydrologique de la nappe - substances humiques																			€€	€€€	U	U U

### Tableau de synthèse des outils de suivi « RhoMeo »

### 3. RÉPONSES AUX DEMANDES DE COMPLÉMENTS CONCERNANT LE VOLET NATURA 2000

#### Observations :

#### Concernant le volet Natura 2000

1. La description des "arbres impactés" le long du tracé du branchement dans le tableau "RD35/RN113 Barreau liaison SE", ne correspond pas aux arbres dits "non matures" dans la description des "arbres supprimés". Plusieurs arbres présentent des diamètres importants.  
Dès lors, il est nécessaire d'établir une cartographie simplifiée des habitats sur l'ensemble de l'emprise du projet sur fond de photos aériennes ou plan de masse, en y précisant :
  - l'emplacement des arbres, des haies et des alignements d'arbres qui sont conservés ou supprimés, ainsi que leur essences. En sachant que le projet indique "Conserver au maximum des linéaires d'arbres déjà présents sur le site, principalement ceux qui délimitent les différentes parcelles",
  - la présence ou non de vieux arbres ou arbres à cavité, s'ils vont être supprimés.
2. Sachant que la zone d'étude est pour les chiroptères "sur le trajet des échanges entre la Camargue et les Alpilles", avec des "enjeux forts à modéré" et un "rôle écologique important", le porteur de projet doit s'impliquer, alors qu'il reste plutôt au conditionnel, dans la décision d'appliquer les mesures suivantes :
  - préciser si les éclairages en phase exploitation, sont proscrits ou "limités" et dans l'affirmative de quelle manière (localisation, technologie et orientation de l'éclairage utilisée, permanence ou programmation de l'éclairage),
  - préciser si la plantation de "haies à plusieurs étages de végétation" sera effective telle que définie dans la figure 80, sinon indiquer leurs emplacements (plan) ; de même pour la mise en place d'une "strate arbustive complémentaire plantée pour densifier le bas de haie et limiter sa perméabilité". Indiquer les essences des plantations,
  - préciser si la mise en place de "bandes sonores aux points les plus à risques pour la collision avec les chiroptères" sera effectuée et indiquer les futurs emplacements.

Il convient que le pétitionnaire propose, le cas échéant, des mesures de réduction, d'évitement ou d'accompagnement, qui induiront un impact résiduel faible plutôt que modéré.
3. Il convient d'être plus affirmatif sur la période des travaux indiquée actuellement : "préférentiellement" d'août à mi-mars.
4. Il est important de préciser si la présence hivernale de la Cistude d'Europe a été étudiée, avec la possibilité de destruction de l'espèce lors des débroussaillages ou des autres travaux.
5. Étant donné le contexte particulier du territoire du projet (proximité des sites Natura 2000 et/ou des zones inondables et/ou humides) des précisions sont nécessaires sur l'emplacement des zones de stockage des matériaux et des engins de chantier, des installations de tri des déchets, ainsi que de la base vie ou encore du plan de circulation en phase travaux.  
Ainsi, le pétitionnaire évoque la désignation d'un coordonnateur environnement pour la préparation, le suivi des chantiers, la formation "biodiversité de chantier" de l'ensemble des intervenants. Le service instructeur s'interroge sur les garanties que peut apporter le pétitionnaire à ce sujet dans la phase d'instruction du dossier présenté.

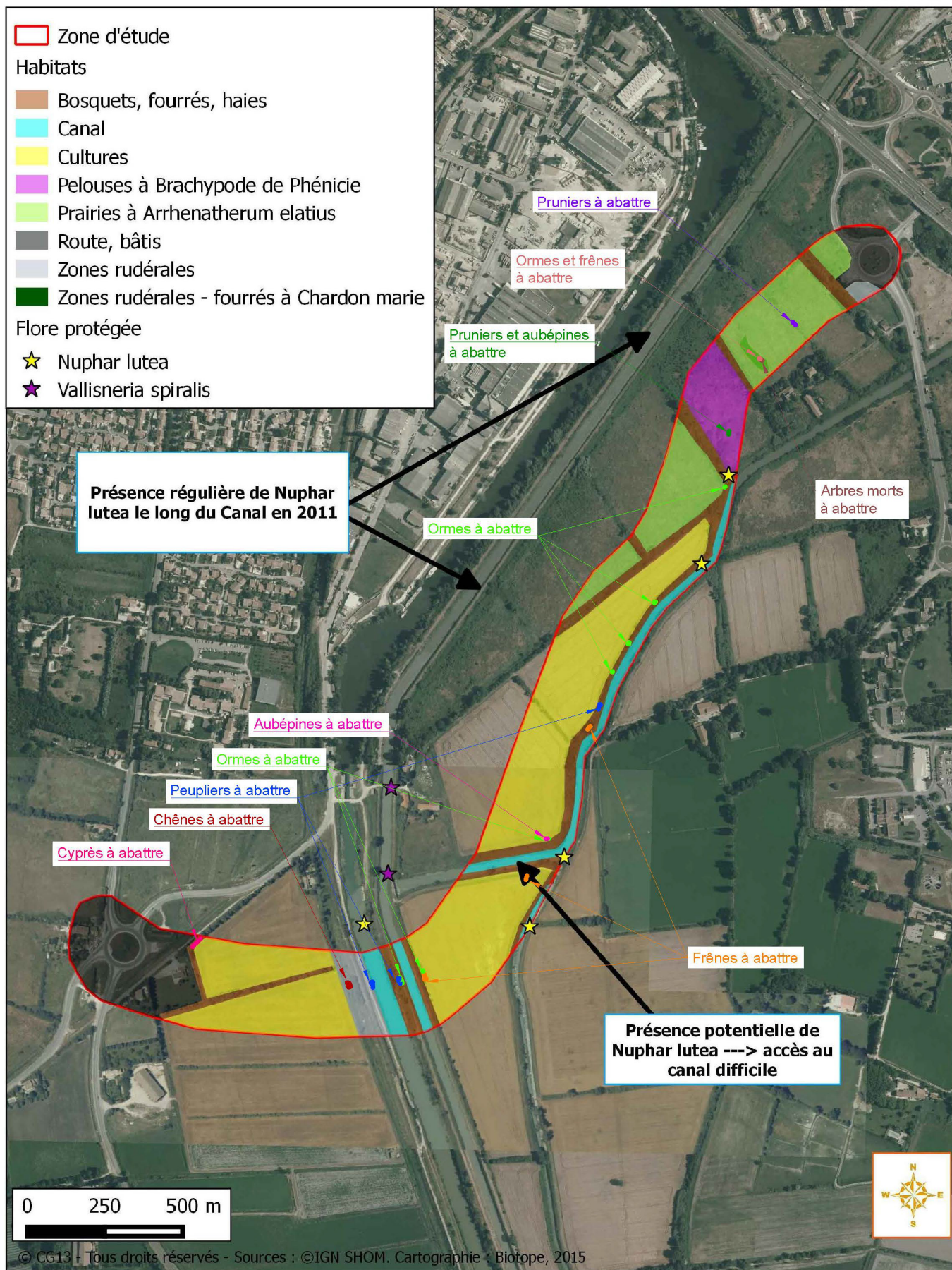
#### Réponse au point 1 :

La cartographie simplifiée des habitats est la suivante :





## Habitats naturels et flore protégée





## Réponse au point 2 :

Les mesures qui seront mises en œuvre sont les suivantes.

### Éclairage

Il ne sera pas réalisé d'éclairage le long de la section courante de la liaison Sud Est d'Arles. Seul l'éclairage existant actuellement sur le giratoire Fourchon au Nord sera adapté pour éclairer la traversée piétonne.

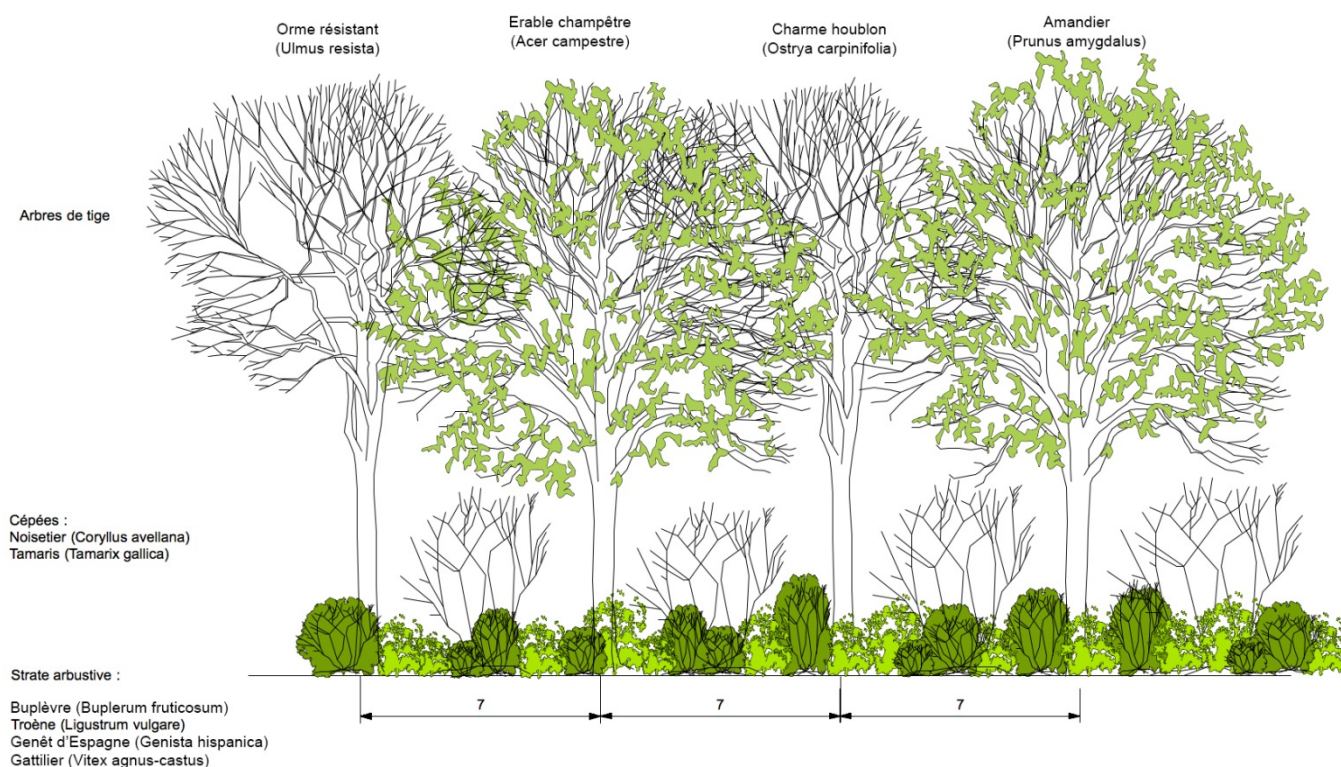
### Plantation de haies

La nature des plantations de haies présentée dans le dossier a été adaptée à la demande des services du Département. La typologie de haies qui sera mise en œuvre est présentée sur la figure qui suit.

La strate haute arborée se composera ainsi d'orme résistant, d'érable champêtre, de charme houblon, d'amandier et de cépées de noisetiers et tamaris. Un espacement de 7m est préconisé entre les sujets les plus hauts afin de favoriser leur bon développement. Entre ceux-ci viennent s'alterner les cépées de noisetiers et de tamaris qui bénéficient du même espacement.

Cette végétation arborée sera accompagnée d'une strate arbustive plus basse de buplèvres, de troènes, de genêts d'Espagne et de gattilliers. Celle-ci se développe au pied de la strate arborée à raison d'un arbuste planté au m<sup>2</sup>.

### TYOLOGIE VÉGÉTALE DES HAIES



RD35 - Branchement sur l'échangeur d'Arles sud sur la RN113 - Mission MC10 Diagnostic patrimoine et culturel - Mesures pour les chiroptères - Juillet 2016

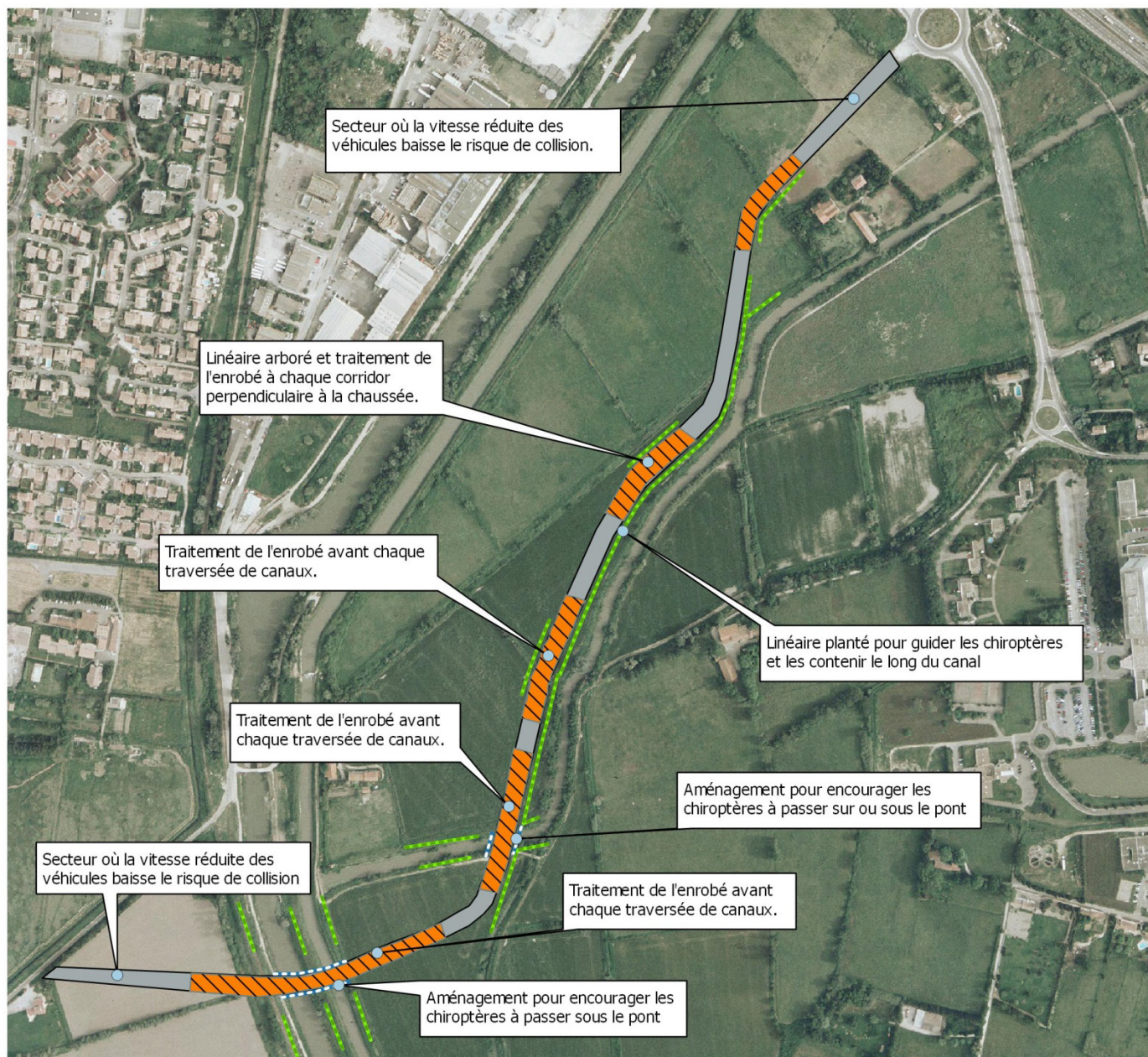
agencePaYa9es

### Typologie de haies mises en place

### Bandes sonores

Des bandes sonores seront mises en œuvre selon les implantations présentées sur la carte suivante.









© CG13 - Tous droits réservés - Sources : ©IGN Geofla® (2011), ©CG13 (2011)  
Cartographie : Biotope, 2016

0 100 200 300 m



### Légende

-  Ecran à chiroptère
-  enrobés comme avertissement sonore
-  Linéaire d'arbres et arbustes
-  Projet RD35

#### Implantation des zones de traitement par enrobés sonores (mesure chiroptères)

Malgré l'ensemble des mesures proposées, il n'est pas possible de proposer des mesures de réduction, d'évitement ou d'accompagnement qui induisent un impact résiduel faible. En effet, compte tenu du croisement de la localisation du projet, de la nature du projet (création d'une nouvelle route) et des enjeux de conservation des chiroptères, il n'est pas possible de répondre à cette demande. Néanmoins, dans le cadre du dossier CNPN, établi postérieurement au Dossier Loi sur l'Eau, des mesures compensatoires seront mises en œuvre pour compenser les impacts résiduels.



**Réponse au point 3 :**

Concernant les périodes de travaux, il est précisé les points suivants :

- Le décapage de la terre végétale sera réalisé entre septembre et janvier ;
- Le débroussaillage et l'abattage d'arbre sera réalisé entre septembre et janvier ;
- L'abattage éventuel d'arbre à gîtes à chiroptères sera réalisé entre septembre et janvier. Une vérification par endoscopie des éventuels arbres à cavité sera réalisée juste avant abattage. Si des individus sont détectés, des précautions seront prises lors de l'abattage, notamment en imposant un ralentissement de la chute et en imposant que le fût soit laissé pendant 24 heures au sol sans transport.

Une fois l'ensemble des éléments de mise en défend et de protection des canaux mis en place, le reste des travaux, sur un substrat très peu accueillant, pourra être réalisé à n'importe quelle période de l'année. Tout débroussaillage ou abattage n'ayant pas été réalisé à la bonne période fera soit l'objet d'une demande exceptionnelle, soit les travaux sur cette zone seront reportés à la période autorisée suivante.

**Réponse au point 4 :**

La Cistude d'Europe passe ces hivers en période d'hivernation. Les sites d'hivernation ne sont pas choisis au hasard, ils répondent à une sélection particulière. Ils sont en effet caractérisés par une fermeture importante du milieu, une importante couche de vase ou de débris végétaux et une hauteur d'eau limitée à quelques dizaines de centimètres, offrant des conditions thermiques favorables et une protection. Ces sites d'hivernation sont localisés généralement en queue d'étangs, dans des mares forestières environnantes ou dans des formations végétales rivulaires denses. Ils sont représentés par des saulaies, des aulnaies, des saussaies marécageuses, des cariçaies, ou encore des phragmitaies ou des jonchaies.

Aucune étude hivernale n'a été réalisée sur la Cistude d'Europe. Néanmoins, globalement, les canaux ne seront pas impactés par des travaux et garderont toute leur intégrité. Les bords de berge et les canaux eux-mêmes (profondeur trop importante) ne sont pas très adaptés à l'hivernation de l'espèce. En effet, seule la végétation des berges serait susceptible de proposer un mauvais abri pour l'hiver. Les terrains à proximité des canaux et accueillant le projet accueillent des cultures agricoles totalement inadaptés à l'hivernage de la Cistude d'Europe.

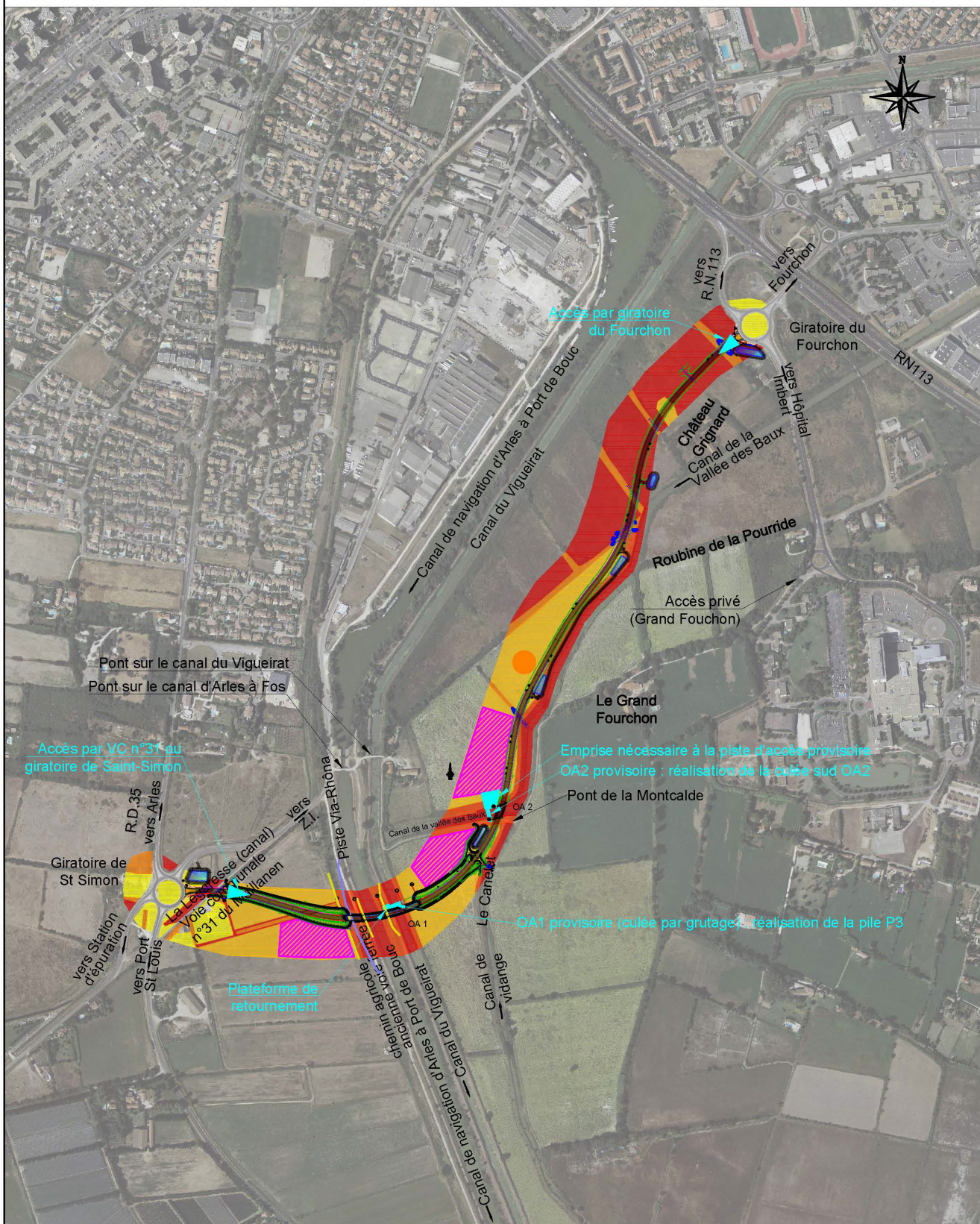
En synthèse, l'étude hivernale n'a pas été réalisée, mais le site ne se prêtant pas à l'hivernation de la Cistude d'Europe, cette étude ne nous semble pas justifiée pour le projet.

**Réponse au point 5 :**

La carte ci-après présente les emplacements proposés pour les zones de stockage des matériaux. Ces emplacements seront définis dans les marchés de travaux.



# EMPRISES TRAVAUX



Légende :

Enjeux écologiques

	Fort		Faible à modéré
	Potentiellement fort		Faible à très faible
	Modéré		

Emprises Travaux

	Zone de stockage
	Accès chantier

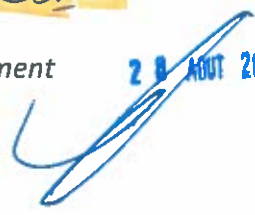
**4. ANNEXE 1 : COURRIER DU PRÉFET DE RÉGION DATÉ DU 24 AOUT 2017 ET COURRIER D'INSTRUCTION DU DOSSIER PAR LE SERVICE MER, EAU, ENVIRONNEMENT DE LA DDTM DATÉ DU 21 AOUT 2017**



**Direction des Routes  
Arrondissement d'Arles**

**Courrier Arrivé** CHA2017/ 1101

Y. HERVIOU Chef d'Arrondissement  
S. CASINI S.P.G  
F. DUBOIS S.E.E.R  
J. METZ S.E.T

28 AOUT 2017  


CONSEIL DEPARTEMENTAL  
DES BOUCHES-du-RHONE  
Courrier arrivé le :

28 AOUT 2017

Direction des Routes et des Ports Arr. d'ARLES

**AFFAIRE SIGNALÉE**

**N° GESCOUR :**

**OBJET :** - Contournement Est d'Arles / Blanchonnet  
échangeur → RD 130, RD 35 - Prefecture PACA

Destinataires	Suite à donner	Projet de réponse	Pour info	Classer	Observations
CHEF D'ARRT					
Secrétariat					
S.P.G					
Secrétariat Conventions					
RH/Moyens G./ Formation					
Compta					
Marchés					
Foncier/Urba.					
S.E.E.R					
Secrétariat					
S.E.T	<input checked="" type="checkbox"/>				CHA 2017/620 CH 2017/303
Secrétariat					



*Liberté • Égalité • Fraternité*  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**PRÉFET DES BOUCHES-DU-RHÔNE**

PRÉFECTURE

Marseille, le 24 AOÛT 2017

DIRECTION DES COLLECTIVITÉS LOCALES  
DE L'UTILITÉ PUBLIQUE ET DE L'ENVIRONNEMENT

CONSEIL DÉPARTEMENTAL  
DES BOUCHES-DU-RHÔNE  
Courrier arrivé le :

BUREAU DES INSTALLATIONS ET TRAVAUX  
RÉGLEMENTÉS POUR LA PROTECTION DES MILIEUX

28 AOÛT 2017 J.M.O.

Dossier suivi par : Mme HERBAUT  
☎ : 04.84.35.42.65

Direction des Routes et des Ports Arr. d'ARLES

LE PRÉFET DE LA RÉGION  
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR  
PRÉFET DES BOUCHES-DU-RHÔNE

à

Madame la Présidente du Conseil Départemental  
des Bouches-du-Rhône  
Direction des Routes et des Ports  
Service Études et Travaux - Arrondissement d'Arles  
Fourchon - BP 40173  
13637 ARLES CEDEX

**OBJET** : Projet de liaison routière Sud/Est d'Arles entre la RD35 et la RN113.

**RÉF.** : Code de l'environnement - articles L.214-1 à L.214-6 et R.214-1 à R.214-56.

**P.J.** : 1.

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation que vous avez présentée au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du code de l'environnement concernant le projet de liaison routière Sud/Est d'Arles entre la RD35 et la RN113, le service Mer, Eau, Environnement de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer a estimé, par courrier du 21 août 2017 ci-joint, que le dossier n'était ni complet ni régulier.

Je vous invite donc à me transmettre les éléments requis afin de me permettre de poursuivre l'instruction administrative.



POUR LE PRÉFET  
Le chef de Bureau,

Gilles BERTOTHY

PRÉFET DES BOUCHES-DU-RHÔNE

Direction départementale des  
Territoires et de la Mer  
Service Mer Eau Environnement

Marseille, le 21 AOUT 2017

Le directeur  
à

Monsieur le Préfet de la Région  
Provence, Alpes, Côte d'Azur  
Préfet des Bouches du Rhône  
D.C.L.U.P.E.

Bureau des Installations et- Travaux Réglementés  
pour la Protection des Milieux

Hôtel de la Préfecture

13282 MARSEILLE CEDEX 20

A l'attention de Mme HERBAUT

170 945  
Référence :

Vos réf. : Votre lettre du 9 mai 2017

Dossier n°77-2017-EA

Affaire suivie par : Patrick FAIRON

patrick.fairon@bouches-du-rhone.gouv.fr

Tél. 04 91 28 42 08 – Fax : 04 91 28 43 52

Objet : Projet de liaison routière Sud/est entre la RD35 et la RN113  
– Commune d'Arles

Par courrier cité en référence, vous nous avez transmis pour examen, le dossier d'autorisation présenté par le Conseil Départemental 13 au titre des articles L214-1 à L214-6 du Code de l'Environnement, concernant le projet de liaison routière Sud/est entre la RD35 et la RN113 sur la commune d'Arles.

Il s'agit de créer un barreau routier à 2 voies de 1,8 Km en site neuf entre deux giratoires existants. Cette liaison nécessite la réalisation de deux ouvrages d'art pour franchir le canal d'Arles à Bouc et le canal du Vigueirat, d'une part, ainsi que le canal de la Vallée des Baux d'autre part.

Rubrique : 2.1.5.0., 3.2.2.0., 3.2.3.0., 3.3.1.0.

Après examen, le dossier n'est ni complet ni régulier en l'état. Nous sommes en demande des compléments suivants :

Concernant le volet hydraulique

Le pétitionnaire propose une compensation pour les remblais en zone inondable en amont du projet en restant globalement dans le même bassin versant, comme cela avait été accepté lors des échanges préalables. Ce déblai se situerait face au magasin Leclerc, mais de l'autre côté du canal du Vigueirat. Le site du magasin et la friche industrielle contiguë vont faire l'objet d'une extension. Dès lors, il apparaît opportun de vérifier les effets cumulés de ces différents aménagements.

Nous faisons une petite observation de forme : P774 : c'est la même légende, qui est affichée pour les figures 3 et 4.

Le volet risque inondation est validé.

Concernant la zone humide

En p56, il est question de « suivi des mesures compensatoires mobilisant les outils du bassin (indicateurs) ». On connaît la durée du suivi (10 ans), mais l'on ignore le contenu du dispositif.



Concernant le volet Natura 2000

1. La description des "arbres impactés" le long du tracé du branchement dans le tableau "RD35/RN113 Barreau liaison SE", ne correspond pas aux arbres dits "non matures" dans la description des "arbres supprimés". Plusieurs arbres présentent des diamètres importants.  
Dès lors, il est nécessaire d'établir une cartographie simplifiée des habitats sur l'ensemble de l'emprise du projet sur fond de photos aériennes ou plan de masse, en y précisant :
    - l'emplacement des arbres, des haies et des alignements d'arbres qui sont conservés ou supprimés, ainsi que leur essences. En sachant que le projet indique "Conserver au maximum des linéaires d'arbres déjà présents sur le site, principalement ceux qui délimitent les différentes parcelles",
    - la présence ou non de vieux arbres ou arbres à cavité, s'ils vont être supprimés.
  
  2. Sachant que la zone d'étude est pour les chiroptères "sur le trajet des échanges entre la Camargue et les Alpilles", avec des "enjeux forts à modéré" et un "rôle écologique important", le porteur de projet doit s'impliquer, alors qu'il reste plutôt au conditionnel, dans la décision d'appliquer les mesures suivantes :
    - préciser si les éclairages en phase exploitation, sont proscrits ou "limités" et dans l'affirmative de quelle manière (localisation, technologie et orientation de l'éclairage utilisée, permanence ou programmation de l'éclairage),
    - préciser si la plantation de "haies à plusieurs étages de végétation" sera effective telle que définie dans la figure 80, sinon indiquer leurs emplacements (plan) ; de même pour la mise en place d'une "strate arbustive complémentaire plantée pour densifier le bas de haie et limiter sa perméabilité". Indiquer les essences des plantations,
    - préciser si la mise en place de "bandes sonores aux points les plus à risques pour la collision avec les chiroptères" sera effectuée et indiquer les futurs emplacements.
- Il convient que le pétitionnaire propose, le cas échéant, des mesures de réduction, d'évitement ou d'accompagnement, qui induiront un impact résiduel faible plutôt que modéré.
3. Il convient d'être plus affirmatif sur la période des travaux indiquée actuellement : "*préférentiellement*" d'août à mi-mars.
  
  4. Il est important de préciser si la présence hivernale de la Cistude d'Europe a été étudiée, avec la possibilité de destruction de l'espèce lors des débroussaillages ou des autres travaux.
  
  5. Étant donné le contexte particulier du territoire du projet (proximité des sites Natura 2000 et/ou des zones inondables et/ou humides) des précisions sont nécessaires sur l'emplacement des zones de stockage des matériaux et des engins de chantier, des installations de tri des déchets, ainsi que de la base vie ou encore du plan de circulation en phase travaux.  
Ainsi, le pétitionnaire évoque la désignation d'un coordonnateur environnement pour la préparation, le suivi des chantiers, la formation "biodiversité de chantier" de l'ensemble des intervenants. Le service instructeur s'interroge sur les garanties que peut apporter le pétitionnaire à ce sujet dans la phase d'instruction du dossier présenté.

Nous sommes dans l'attente de ces éléments pour la poursuite de l'instruction de ce dossier.

Le service instructeur de la Police de l'Eau de la DDTM reste à votre disposition pour tout renseignement.

Le Chef du Service  
mer, eau et environnement

Nicolas CHOMARD

## 5. ANNEXE 2 : DÉTAIL DES INDICATEURS DE SUIVI DES ZONES HUMIDES



# NIVEAU D'HUMIDITÉ DU SOL - PÉDOLOGIE



**Domaine d'application**  
toutes les zones humides

**Fonction / pression**  
hydrologique



**Compétences :**  
T / T / T

**Coût :**  
€€ / €€

## Description et principes de l'indicateur

L'indicateur définit un niveau d'humidité du sol de la zone humide, en attribuant aux horizons supérieurs du sol une note basée sur le type de trait d'hydromorphie observé. Les différents types de sols hydromorphes sont définis par

les critères de l'arrêté de délimitation des zones humides du 1<sup>er</sup> octobre 2009 (classes d'hydromorphie - GEPPA - Figure 1). ([http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide\\_hors-sol\\_02-05-13\\_light-1.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_hors-sol_02-05-13_light-1.pdf))



## FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR



Il ne faut pas confondre l'hydromorphie du sol et son engorgement en eau (*BAIZE & JABIOL, 1995*).

En effet, il existe des situations pédologiques où il y a engorgement sans hydromorphie (eau très circulante, absence de fer disponible ou engorgement éphémère) ou hydromorphie sans engorgement (traces d'oxydation fossiles). Toutefois, ces situations qui ne représentent pas le cas général mais qu'il faut avoir à l'esprit pour l'analyse de la valeur indicatrice, ne remettent pas en cause l'intérêt de la recherche des traits d'hydromorphie. Le processus de formation ou d'évolution d'une classe de sols en présence d'un excès d'eau prolongé indique le niveau de saturation en eau du sol indispensable au bon fonctionnement de la zone humide.

Le caractère hydromorphe du sol se traduit par une accumulation de matières organiques et/ou par des phénomènes d'oxydo-réduction du fer (*VIZIER 2009*). Les conditions d'anaérobiose empêchent l'oxydation (dégradation) de la matière organique qui s'accumule et forme un horizon organique plus ou moins développé à la surface du sol. Cet horizon organique surmonte des horizons minéraux où l'on peut observer des phénomènes de redistribution ou d'accumulation du fer.

On distingue deux grandes catégories de sols de zones humides (*AFES, 2009*).

### Les sols organiques

L'hydromorphie est totale et permanente pour l'ensemble du profil du sol (bilan de l'eau excédentaire ou neutre). Ces sols organiques se rencontrent surtout dans les dépressions humides au dessus d'horizons minéraux peu filtrants.

- **Les histosols (H)**

Selon la hauteur de l'accumulation de matière organique, ils forment les zones humides para-tourbeuses (< 0,5 m d'épaisseur) et les tourbières (> à 0,5 m). Pour qu'un horizon soit considéré comme histique, son taux de matière organique doit dépasser 50%. Suivant leur niveau de décomposition (taille des fibres) et leur faciès (structure et texture), les horizons qui composent l'histosol peuvent être différenciés en horizons fibriques (Hf), mésiques (Hm), sapriques (Hs), mais également labourés (LH) ou asséchés (Ha).

### Les sols minéraux hydromorphes

Il s'agit de sols où l'eau est présente une partie de l'année, sans que les conditions de température ou de saturation en eau ne permettent la turfigénèse. En surface, ils sont surmontés de dépôts de débris végétaux peu décomposés (feuilles, tiges, inflorescences, ...) qui forment un horizon organique de couleur noire (A).

FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (Suite)



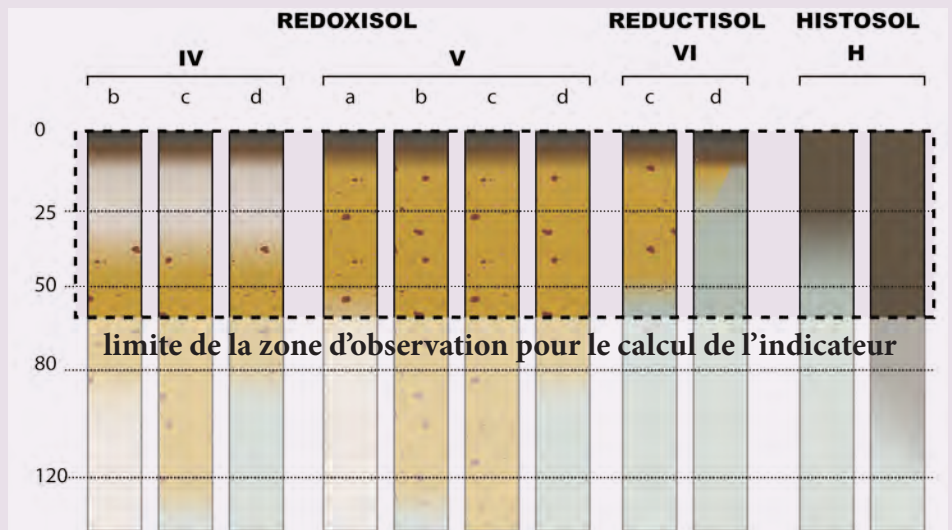
L'épaisseur de cet horizon dépend de l'importance du couvert végétal qui fournit la matière organique, de la durée de l'inondation ou de la saturation et des conditions climatiques. Les traits d'hydromorphie des sols fonctionnels débutent toujours à moins de 50 cm de la surface et se prolongent ou s'intensifient en profondeur. Suivant la fréquence de saturation en eau, on distingue :

- **Les sols rédoxiques (g)**  
Ils sont le fruit de l'alternance des processus de réduction / mobilisation du fer pendant les périodes de saturation en eau et des processus d'oxydation / immobilisation du fer pendant les périodes de non-saturation. Ils correspondent donc à des périodes de saturation temporaire. Ils se caractérisent par la présence de taches

de couleur rouille enrichies en fer (de 1 à plus de 15 mm occupant 2 à 20 % de la surface de l'horizon) et de trainées claires appauvries en fer.

- **Les sols réductiques (G)**  
Les processus de réduction du fer dominent en raison de la saturation en eau permanente ou quasi-permanente du sol. La répartition du fer est plutôt homogène, ce qui se traduit par une couleur bleuâtre à verdâtre très uniforme (Gr). Si la saturation n'est pas permanente (Go), lors des périodes de dessèchement la ré-oxydation provoque l'apparition de taches de rouille qui disparaissent lorsque le sol est de nouveau saturé.

Figure 1 - Classes d'hydromorphie des sols d'après GEPPA 1981 (modifié) AFES 2009



DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR



L'indicateur est applicable à tous les types de zones humides qui présentent les critères pédologiques de l'arrêté de délimitation de 2009. Ponctuellement, des relevés peuvent ne présenter aucun faciès hydromorphe dans la partie superficielle du sol (nappe profonde). Toutefois, la stratégie d'échantillonnage (BAIZE & JABIOL, 1995), qui vise à traduire le gradient d'hydromorphie de la zone humide, et la méthode d'agrégation des points de relevés à l'échelle du site permettent de calculer l'indicateur dans toutes les situations.

**Périodicité**  
Une campagne de mesures tous les 5 ans est recommandée. Il est possible d'espacer le temps entre les campagnes de mesures si aucune modification des modalités de gestion du site (végétation et écoulements) n'a eu lieu dans les 5 ans. Toutefois, les délais entre deux campagnes ne peuvent excéder 10 ans.

Bibliographie

Arrêté du 1er octobre 2009 - critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement : ([http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide\\_hors-sol\\_02-05-13\\_light-1.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_hors-sol_02-05-13_light-1.pdf))

BAIZED. & JABIOL B., 1995. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.

VIZIER J.F., 2009, Éléments pour l'établissement d'un référentiel pour les solums hydromorphes, in : Référentiel pédologique, 2008 - AFES, D. Baize & M. C. Girard cor., éd. Quae, 2009

AFES, 2009 - Référentiel pédologique, Baize D. & Girard M.C. cor. éd. Quae.

# INDICE FLORISTIQUE D'ENGORGEMENT



## Domaine d'application

toutes les zones humides

## Fonction / pression

hydrologique



## Compétences :



## Coût :

€/€/€€

## Description et principes de l'indicateur

La présence d'une nappe d'eau dans le sol constitue une contrainte pour les végétaux, contrainte à laquelle les espèces sont plus ou moins tolérantes ou adaptées. Il est donc possible d'évaluer de manière simplifiée, sur une échelle ordinale, l'optimum de chaque espèce vis-à-vis du niveau moyen de la nappe : c'est sa valeur indicatrice. Les

végétaux peuvent donc être utilisés pour évaluer le niveau de la nappe à travers un indice, que nous appellerons indice de niveau d'engorgement. Celui-ci est calculé comme la moyenne des valeurs indicatrices des espèces présentes à l'échelle d'une placette, puis comme la médiane des valeurs des placettes à l'échelle de la zone humide.



## FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR



Beaucoup d'espèces végétales présentent une courbe de croissance en fonction du niveau moyen (annuel ou estival) de la nappe de type symétrique, unimodale ou, plus rarement, monotonique, compatible avec la définition d'une valeur optimale de développement (OKLAND, 1990 ; ELLENBERG, 1974). On appelle cet optimum : valeur indicatrice de l'espèce pour le niveau de nappe.

Des valeurs indicatrices sont disponibles pour certains pays ou ensembles biogéographiques : ELLENBERG *et al.* (1992) pour l'Europe centrale, LANDOLT *et al.* (2010) pour la Suisse, HILL *et al.* (2000) pour la Grande-Bretagne. Pour le bassin Rhône-Méditerranée, les valeurs établies pour la Suisse par LANDOLT *et al.* (2010) sont dans l'ensemble adaptées. Elles ont toutefois été amendées (il y manque les espèces méditerranéennes), modifiées à la marge et re-échelonnées sur **une gamme allant de 1 à 10 (espèces des milieux les plus secs vers les milieux les plus humides)** pour les adapter à l'échelle du bassin.

Pour une placette donnée, on calcule l'indice floristique d'engorgement  $H_e$  comme la moyenne des valeurs indicatrices présentes, pondérées par le recouvrement des espèces sur la placette, considérant que le recouvrement d'une espèce témoigne de sa vitalité.

$$H_e = \frac{\sum (rij * xi)}{\sum (rij)}$$

$rij$  est l'abondance (ou recouvrement) de l'espèce  $i$  dans le relevé  $j$

$xi$  est la valeur indicatrice de l'espèce  $i$

Il varie pour les habitats de zones humides, de 25 (habitats mésophiles) à 9 (habitats subaquatiques).

Cet indice peut également être calculé sans utiliser le recouvrement des espèces ; les valeurs obtenues sont alors plus ou moins différentes mais utilisables comme indicateurs de suivi (cf. fiches analyses et interprétations).

La bibliographie montre que l'ensemble des espèces présentes sur une placette (si les conditions écologiques sont à peu près homogènes) donne des indications plus précises qu'une ou quelques espèces (BRAUN-BLANQUET & JENNY, 1926, DIEKMANN, 2003).

La corrélation entre ces **valeurs indicatrices moyennes et le niveau moyen de la nappe est très bien démontrée** (PAUTOU, 1970 ; SHAFFERS & SIKORA, 2000 ; WITTE & VON ASMUTH, 2003 ; DIEKMANN, 2003). Les effets du drainage (TER BRAAK & WIERTZ, 1994) ou de la ré-hydratation (OOMES *et al.*, 1996) ont ainsi été suivis avec ce type d'indicateur.



## DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR



L'indicateur est applicable à quasiment tous les types de zones humides, hormis certains milieux où l'engorgement des sols est trop fugace (mares temporaires), ou vraiment trop profond (milieux alluviaux fortement perturbés du point de vue des hauteurs de nappe). Dans ces cas, l'indicateur peut être calculé, mais en complément d'autres plus spécifiques.

**Périodicité**

Une périodicité des suivis de 5 ans semble raisonnable au vu des pratiques des réseaux d'observations plus ou moins semblables et déjà existants et de la vitesse d'évolution des milieux, notamment ouverts.

**Bibliographie**

BRAUN-BLANQUET J. & JENNY H., 1926. *Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralpen (Klimaxgebiet des Caricion curvulae)*. Denkschr. d. Schweiz Naturf. Ges., LWIII, Abt. 2

DIEKMANN M., 2003. *Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review*. Basic and Applied Ecology 4 : 493-506.

ELLENBERG H., 1974. *Zeigerwerte des Gefässpflanzen Mitteleuropas*. Scripta Geobotanica 9 : 1-97.

ELLENBERG H., WEBER H., DULL R., WIRTH H., WERNER W. & PAULISSEN D., 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Ed 3. Scripta Geobotanica 18 : 1-258.

HILL M. O., MOUNTFORD J.O., ROY D.B., BUNCE R.G.H 1999. *Ellenberg's indicator values for British plants*. ECOFACT Vol.2, 46p.

LANDOLT E. et al., 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376p.

OKLAND R. H., 1990. *Vegetation ecology : theory, methods and application with reference to Fennoscandia*. Sommerfeltia Suppl. 1 : 1-233.

OOMES M.J.M, OLFF H. & ALTENA H. J., 1996. *Effect of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamic and vegetation change in a wet grassland*. Journal of Applied Ecology 33 : 576-588.

PAUTOUG., 1970. *Ecologie des formations riveraines de la Basse Isère. Application à l'étude d'une nappe phréatique et de ses risques de pollution*. Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes VIII : 73-114.

SCHAFFERS A. P. & SYKORA K. V., 2000. *Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction : a comparison with field measurements*. Journal of Vegetation Science 11 : 225-244.

TER BRAAK C.J.F. & WIERTZ J., 1994. *On the statistical analysis of vegetation change : a wetland affected by water extraction and soil acidification*. Journal of Vegetation Science 5 : 361-372.

WITTE J. P. M., & VON ASMUTH J. R., 2003. *Do we really need phytosociological classes to calibrate Ellenberg indicator values ?* Journal of Vegetation Science 14 : 615-618.





# DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DE LA NAPPE SUBSTANCES HUMIQUES



## Domaine d'application

5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12

## Fonction / pression hydrologique



## Compétences :



## Coût :

€/€€€

## Description et principes de l'indicateur

La matière organique du sol (MOS) est un élément clé pour décrire le fonctionnement des zones humides (REDDY and DELAUNE, 2008). Alors que la quantité de MOS informe sur les processus d'accumulation et de minéralisation de la matière organique, sa qualité informe sur ses conditions de dégradation. Les substances humiques représentent en moyenne 2/3 de

cette matière organique et se composent de trois fractions : les acides humiques (AH), les acides fulviques (AF) et l'humine (HU). Les substances humiques sont des indicateurs de fonctionnement global d'une zone humide. L'évolution de cet indicateur permet donc d'identifier les éventuels basculements fonctionnels, notamment hydrologiques.



## FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR

Selon les conditions environnementales (température, oxygénation du sol, acidité, présence d'inhibiteurs...), la matière organique peut se dégrader plus ou moins rapidement et dans certaines conditions, se transformer en composés organiques complexes relativement stables, formant l'humus.








Bien que leur structure moléculaire soit encore mal connue et leur définition peu précise (PICCOLO, 2001), on considère que cette composante relativement réfractaire à la dégradation de la matière organique peut se diviser en trois fractions, selon leur solubilité dans les acides et les bases : la fraction fulvique (AF), la fraction humique (AH) et l'humine (HU). On considère généralement que ces trois fractions ont un poids moléculaire, un niveau de polymérisation, une coloration et un caractère réfractaire croissants. L'humine, le composé le plus réfractaire, regroupe des composés organiques insolubles très hétérogènes et variables (lignines, composés phénoliques, cellulose... qui peuvent être complexés avec des minéraux), alors que les acides fulviques,

les moins réfractaires, sont composés de polysaccharides de faible poids moléculaire et d'acides aminés (HE et al., 1992). Enfin, les acides humiques sont des colloïdes de poids moléculaire intermédiaire.




L'humification est un processus complexe dont les mécanismes restent encore mal élucidés. Les théories classiques présentent les processus d'humification soit comme des processus purement biologiques, soit comme des processus biologiques suivis de processus purement chimiques (STEVENSON, 1994). Il est généralement admis que l'ordre de formation des substances humiques, est : acides fulviques puis acides humiques et enfin humines (STEVENSON, 1994).

Il a été montré que les substances humiques peuvent être utilisées comme indicatrices de stabilisation de la matière organique et de maturité dans les composts (CHEFETZ et al., 1996 ; FORSTER et al., 1993 ; FRANCOU, 2003 ; SERRA-WITTLING et al., 1996). Récemment, une étude a mis en évidence la bonne capacité des substances humiques


**FONDEMENTS SCIENTIFIQUES DE L'INDICATEUR (Suite)**

- 


 à décrire le fonctionnement global des zones humides (**GRASSET et al., in prep.**).
- 

 Ces travaux de recherche ont permis d'aboutir à deux indicateurs complémentaires basés sur les substances humiques du sol :
  - 
 • La part de l'humine dans les substances humiques (% HU) qui est sous l'influence du fonctionnement hydrologique, notamment des variations piézométriques ;
  - 
 • Le ratio acides humiques sur acides fulviques (AH/AF) qui informe sur les conditions globales de dégradation de la matière organique (température, oxygénation, pH, caractère plus ou moins réfractaire du végétal qui compose la matière organique...).


**DOMAINE D'APPLICATION DE L'INDICATEUR**

- 


 Tous les habitats de zones humides possédant un sol ; sont exclus les substrats minéraux grossiers (graviers, galets, roche-mère...). Il est cependant déconseillé d'utiliser cet indicateur pour des zones humides salées ou saumâtres du fait de l'absence d'étude des substances humiques sur les sols de ces milieux.

**Bibliographie**

**CHEFETZ B., HATCHER PG., HADAR Y. & CHEN Y.N., 1996.** *Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. Journal of Environmental Quality 25 : 776-785.*

**FORSTER JC., ZECH W. & WURDINGER E., 1993.** *Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. Biology and Fertility of Soils 16 : 93-99.*

**FRANCOU C., 2003.** *Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains: Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - Recherche d'indicateurs pertinents. Sciences agronomiques. Thèse de Doctorat. Institut National de Recherche Agronomique, Paris, 388 p.*

**GRASSET C., RODRIGUEZ C., DELOLME C. & BORNETTE G., in prep.** *Are soil humic substances functional indicators of wetlands ?.*

**HE X.T., TRAINA S. J. & TERRY J. L., 1992.** *Chemical properties of municipal solid waste composts. J. Environ. Qual. 21:318-329.*

**PICCOLO A., 2001.** *The supramolecular structure of humic substances. Soil Science 2001 ; 166 : 810-832.*

**REDDY K.R. & DELAUNE R.D., 2008.** *Biogeochemistry of wetlands : science and applications. University of Florida : CRC Press.*

**SERRA-WITTLING C., BARRIUSO E. & HOUOT S., 1996.** *Impact of composting type on composts organic matter characteristics. . In : ed. Bea, editor. The Science of composting. Blackie Academic and Professionnal, Bologne.*

**STEVENSON F.J., 1994.** *Humus chemistry: genesis, composition, reaction : Wiley.*





# PÉDOLOGIE



## Description et principes du protocole

### Principes généraux

Le sol est décrit après prélèvement à la tarière (gouge, Edelman ou canne pédologique) sur la partie supérieure du sol (50 à 60 premiers centimètres). Pour des cas spécifiques où le sol ne peut être prélevé, des fosses pédologiques peuvent être réalisées à la bêche. Chaque horizon est caractérisé à l'aide des descripteurs de la fiche terrain.

### Type de données collectées

Les différents horizons sont caractérisés par

les modalités (généralement 4 possibles) de 17 descripteurs de texture, de structure et de couleur.

### Type d'échantillonnage

Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects préalablement positionnés pour être les plus représentatifs de la diversité du milieu et du gradient d'hydromorphie, généralement de la périphérie vers le centre de la zone humide.

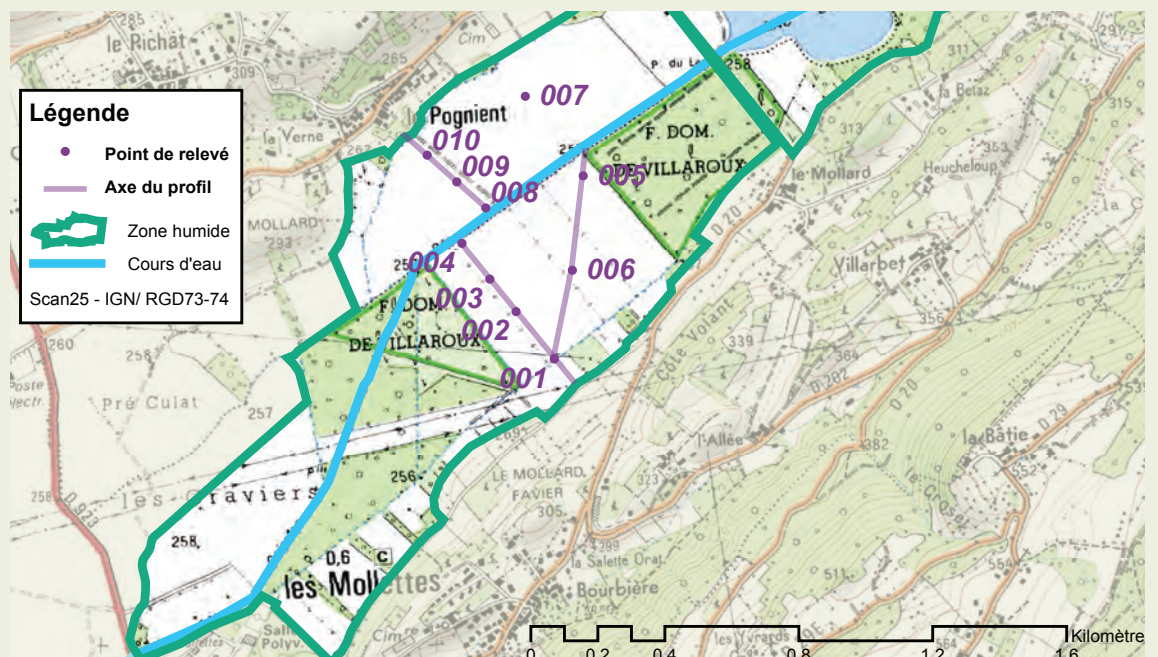
## Méthode de mise en place

### Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage doit être construit **pour traduire le gradient d'hydromorphie du site**, des secteurs de transition avec les versants non hydromorphes, vers les secteurs les plus humides où la saturation en eau est

la plus forte. Pour cela, il s'agit de positionner un ou plusieurs transects qui partent du bord en direction du centre de la zone humide. Si la zone humide a une forme quasi-circulaire, ou du moins compacte, un seul transect peut être réalisé.

Figure 1 : exemple de stratégie d'échantillonnage





☺ 📄 📍 📏 Méthode de mise en place (Suite)

📍 📍 📍 Tarière gouge



Dans le cas contraire, il est recommandé de réaliser plusieurs transects (figure 1). Dans tous les cas, il est intéressant de choisir des transects communs aux relevés floristiques lorsque ceux-ci sont réalisés (une cartographie d'habitats, lorsqu'elle est disponible, peut être utilisée).

**Réalisation des prélèvements**

Pour une meilleure opérationnalité du suivi, il est recommandé de **réaliser les prélèvements à la tarière gouge** (diamètre 20, 30 ou 60 mm). Il est également possible de réaliser les prélèvements à la tarière Edelman. Toutefois, cette méthode entraîne une perte de précision importante sur les profondeurs et les épaisseurs des horizons (voir méthode en annexe 2).

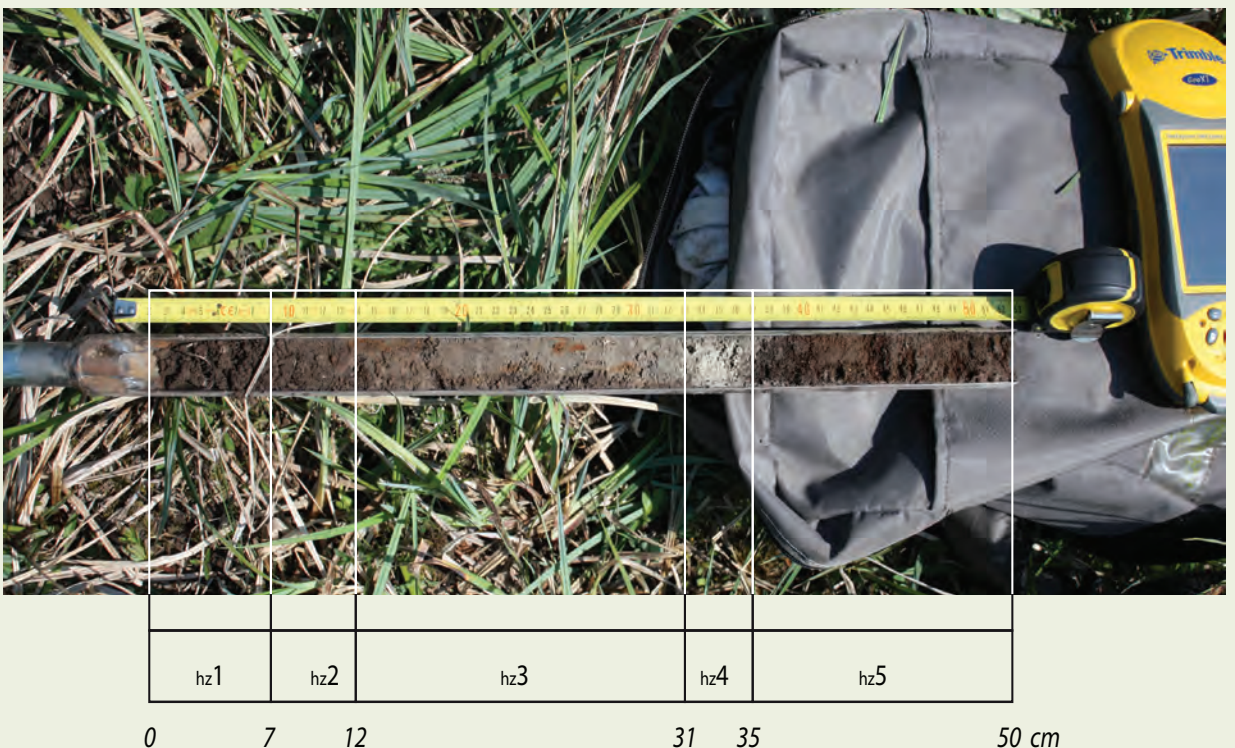
Pour parer à toute situation, il est conseillé d'avoir les deux types de tarière lors des campagnes de terrain. La réalisation de fosses pédologiques, qui reste possible, n'est pas recommandée, compte tenu du temps nécessaire à leur réalisation.

**Délimitation et caractérisation des horizons**

Une fois le prélèvement réalisé, **l'échantillon de sol est divisé en horizons**, c'est-à-dire en couches homogènes, pour être décrit dans la fiche de terrain. Concernant les descripteurs de la fiche de terrain, on peut noter que :

- **pour la profondeur**, il est possible de ne noter que la profondeur maximale de chaque horizon (la profondeur minimale étant soit la surface du sol, soit la profondeur maximale de l'horizon supérieur). Pour les relevés à la tarière Edelman,

**Délimitation des différents horizons de sol**





## Méthode de mise en place (Suite)

l'ensemble des profondeurs est mesuré sur le matériel prélevé et déposé au sol ;

- **les limites [A]** ne peuvent pas être notées à la tarière Edelman ;
- **La couleur [B]** est notée suivant les trois coordonnées (la teinte « hue », la clarté « value » et la pureté « chroma ») de la charte Munsell (cf. photo ci-contre). On évalue la couleur d'un échantillon de terre homogène. Il est préférable de se positionner dos au soleil. Sur le terrain, on évalue la couleur de l'échantillon humide. Comme les couleurs sont définies visuellement, on peut toujours admettre qu'on se trompe d'une case en teinte, clarté ou pureté. La précision de l'évaluation est donc donnée à une unité près ;
- **La texture [C], la structure [D], les racines [F] et les taches [G]** sont des descripteurs génériques indispensables à la détermination des types d'hydromorphie. La réduction du fer, qui est généralement observable par la couleur caractéristique grise bleuâtre à verdâtre, peut également se traduire par une décoloration de l'horizon. Dans ce dernier cas l'utilisation d'un réactif composé d'une solution d'orthophénantroline à 2% dans de l'éthanol pur peut permettre de confirmer le diagnostic ;
- **L'abondance [H], la taille [I] et la forme [J]** sont des descripteurs qui ne doivent être notés qu'en présence de taches d'oxydation ([G]= 2) ;
- **La compacité [L] , plasticité [M] , l'adhésivité [N] et la friabilité [O]** sont principalement utiles pour caractériser les sols minéraux ([C] >= 2) ;
- La caractérisation des sols organiques nécessite la notation de **l'altération de la M.O [P]** et de **l'indice de Von-Post [Q]** ;
- **Les éléments grossiers [E] et l'humidité [K]** sont des descripteurs complémentaires qui peuvent servir à la validation des observations en cas de doute ;

Il est également recommandé de faire le croquis du sondage dans le cadre prévu à cet effet et de prendre en note toute remarque utile.

### Évaluation de la couleur à l'aide de la charte Munsell



### Représentativité des données

Les traits d'hydromorphie étant déterminés par la variation de la nappe d'eau du sol, la variabilité spatiale des données collectées est identique à celle de la nappe. Autrement dit, ce n'est pas sur le type de trait hydromorphe, mais sur la notation de leur profondeur que l'impact d'une mauvaise re-localisation des points d'observation serait le plus fort pour le calcul de l'indicateur. Toutefois, la pente des nappes de zones humides est généralement faible (zone d'accumulation des flux d'eau). Il convient tout de même d'être vigilant dans les secteurs de plaine alluviale où des dépôts argileux peuvent localement entraîner la présence de petites nappes perchées. Réaliser une observation dans ou hors de cette lentille argileuse pour une question de re-localisation du point de relevé entraînerait un calcul de la valeur indicatrice erroné.

Hormis la Base de Données Géographiques des Sols de France dont l'échelle du 1/1 000 000 n'est pas exploitable pour notre objectif, il n'existe pas de données de référence pour analyser la représentativité de l'information collectée dans le cadre de ce protocole. Toutefois, les connaissances antérieures des sites sur lesquels a été testée la méthode nous permettent de valider la qualité de l'information recueillie (validation par le relevé pédologique de la déstructuration du sol connue par le labour, etc.).





## Opérationnalité de la collecte



### Compétences requises

La grille descriptive étant en grande partie visuelle, elle ne nécessite pas de compétences spécifiques pour son application. Les tests réalisés dans le cadre du projet ont démontré la bonne prise en main du protocole de collecte de données par des opérateurs non spécialistes. Il apparaît qu'avec une formation d'½ journée, il est possible pour un débutant de mettre en place le protocole et de remplir la fiche de terrain associée. L'opérateur peut s'appuyer sur différents ouvrages techniques (*BAIZE et JABIOL 1994, JABIOL et al. 2011*)

Toutefois, il est bien évident que l'expérience et le niveau de connaissance initial des opérateurs en pédologie influent fortement sur le temps de terrain nécessaire aux relevés (pouvant aller du simple au double).

### Impact du niveau de compétences

La grille descriptive a été conçue avec un nombre de classes de valeur très restreint pour limiter les risques de confusions. Par conséquent, le choix d'une classe ou d'une autre peut avoir une influence importante. La redondance, ou du moins les liens

entre un certain nombre de descripteurs de la fiche de terrain, permettent l'identification d'indications aberrantes.

### Temps moyen de collecte

Le temps de réalisation et de description d'un relevé, nombre de relevés par heure est très dépendant du type de sol et du nombre d'horizons observés, mais peut être estimé à 6 à 10 relevés par heure ;

### Coût matériel/données / prestation/analyse

Le coût d'acquisition d'une tarière pédologique est de l'ordre de 170 à 200€. Il convient également d'ajouter la Charte de couleurs des sols *MUNSELL* (env. 180 €) et le *Référentiel pédologique, AFES et al, 2008 : 45 €*.

### En annexe :

- La fiche de relevé de terrain (Annexe1)
- Méthode de sondage à la tarière (Annexe2)

## Bibliographie

*AFES, D. BAIZE M. C. & GIRARD C., 2008. Référentiel pédologique, éd. Quae, 2009.*

*BAIZE D. & JABIOL B., 1994. Guide pour la description des sols, éd. de l'I.N.R.A.*

*JABIOL B., GIRARD M.-C. & SCHVARTZ C., 2011. Etude des sols - Description, cartographie, utilisation: Description, cartographie, utilisation. Dunod. 432 p.*

*La Charte de couleurs des sols MUNSELL et le Référentiel pédologique 2008, AFES*



## FLORE



## Description et principes du protocole

## Principes généraux

La flore d'un site est évaluée par la réalisation d'inventaires (les relevés) sur un ensemble de placettes réparties de manière à échantillonner le plus d'habitats naturels possibles.

## Type de données collectées

Sur chaque placette, on note l'ensemble des espèces présentes à l'intérieur de celle-ci et on en estime le recouvrement. On note également la taille de la placette, la physionomie de la

végétation (annexe 2), le recouvrement et la hauteur des différentes strates de la végétation. La position des placettes est mesurée avec un GPS, de même que la distance au point d'origine du transect.

## Type d'échantillonnage

Les points de relevés sont réalisés à intervalles réguliers le long de transects préalablement positionnés pour être les plus représentatifs de la diversité des milieux présents sur le site.

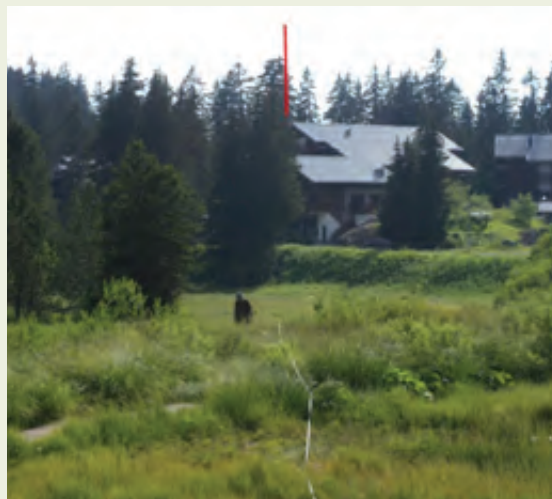
## Méthode de mise en place

Selon la taille des sites et la diversité des habitats (une visite rapide préalable du site peut être utile), l'ordre de grandeur du nombre de placettes varie (Annexe 2). Celles-ci sont ventilées sur 1 à 3 transects par site (cas général), de manière régulière et définie au préalable, et les relevés sont effectués systématiquement du même côté du transect. Typiquement, entre 5 et 20 placettes seront positionnées par transect, sur des longueurs oscillant entre 100 et 800 mètres, soit des espacements compris entre 20 et 50 mètres le plus souvent. Les points de départ et d'arrivée des transects peuvent être matérialisés de manière pérenne (bornes) ou a minima repérés sur le terrain par des points remarquables, des photographies et bien sûr le positionnement par GPS. L'orientation du transect peut être notée à la boussole ou, notamment en milieu ouvert, en suivant des points de repère lointains (photo ci-contre). Tous ces éléments sont reportés sur la fiche terrain (Annexe1).

Les relevés sont effectués sur les placettes dont la taille usuelle dépend de la structure de la végétation (Annexe 2), d'après **CHYTRY & OPTIKOVA (2003)**, quelle que soit l'homogénéité apparente de la placette, sauf si celle-ci est à cheval sur :

- deux physionomies très différentes (par

Axe de la visée du transect



Exemple de visée lointaine

exemple à l'interface entre forêt / prairie humide ou milieu naturel / milieu artificiel (piste...);

- une rupture topographique majeure (fossé, butte de plus d'1m...)

Dans certains cas, la taille normale doit être réduite ( $1 \text{ m}^2$ , voire  $0.25 \text{ m}^2$ ) et leur espacement également réduit (5 m), comme les grèves d'étangs ou les berges des cours d'eau, les bas-marais artico-alpins ou certains complexes tourbeux à sphaignes.



Méthode de mise en place (Suite)



Il est possible de déplacer la placette le long du transect ou de réduire la surface par rapport aux préconisations, mais dans tous les cas ces modifications doivent être bien signalées sur le bordereau de terrain.

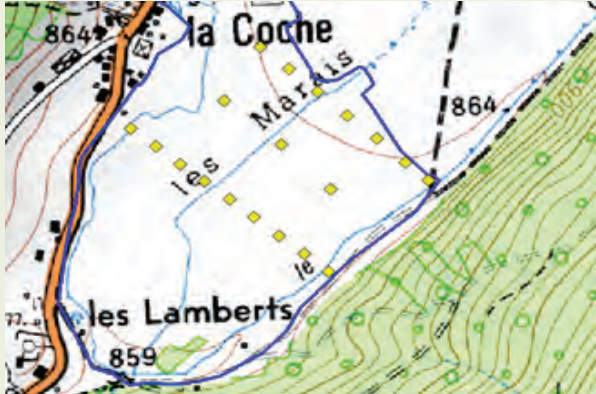


Figure 1 : alignement des transects au gradient

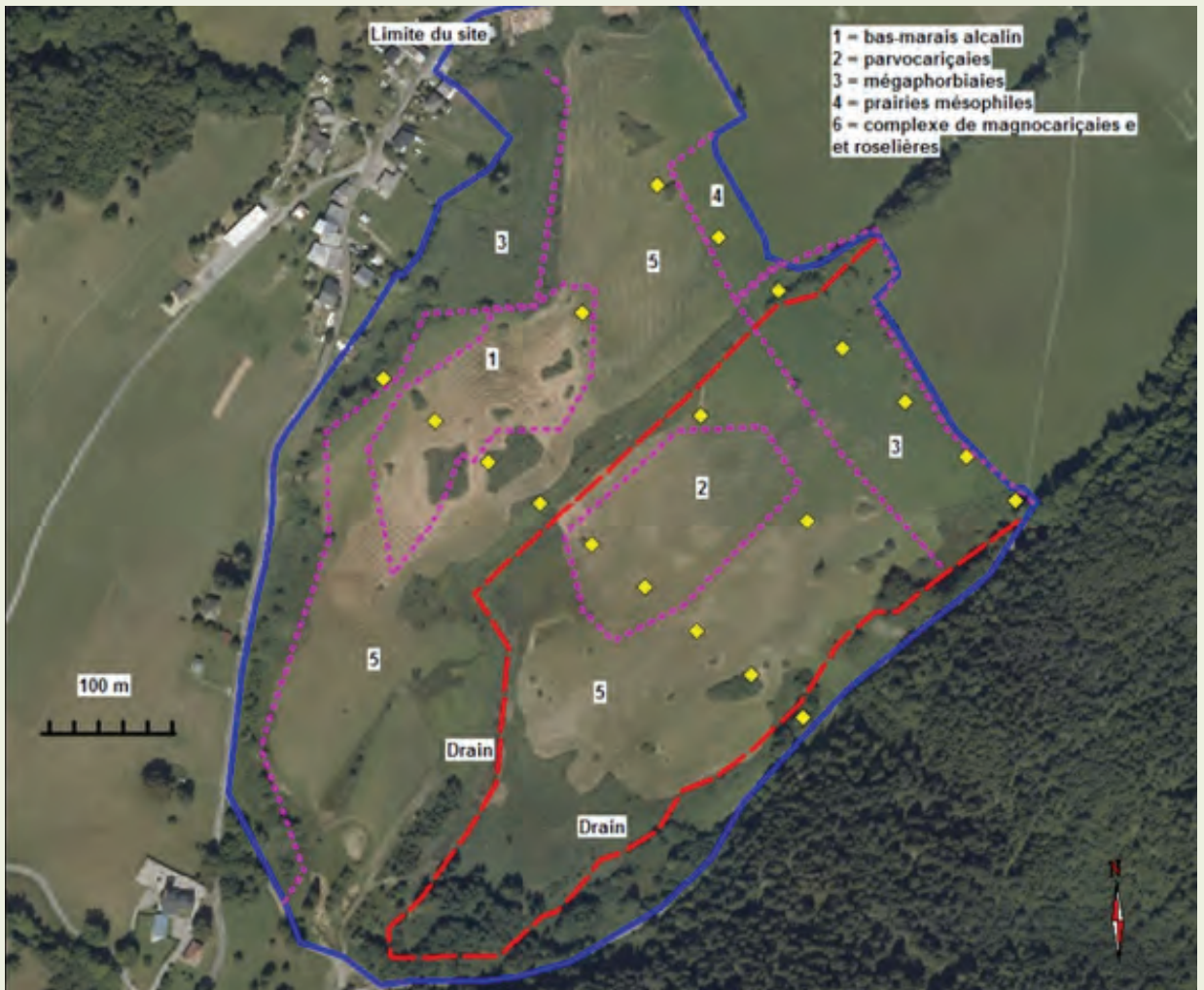
Etant donnée l'extrême variabilité de la forme des zones humides, il est difficile de définir des règles systématiques de positionnement des transects. Les cartes d'habitats (quand elles existent), les cartes topographiques et bien sûr les photographies aériennes (couleur ou infrarouge) doivent être étudiées au préalable afin de croiser le plus possible d'habitats et de niveaux topographiques /

hydrologiques.

Pour des sites présentant un gradient des conditions hydrologiques assez net, le plus simple est d'orienter les transects perpendiculairement à ce gradient (figure 1) : sur le site du Pontet (73), un gradient topographique nord-est / sud-ouest existe (points cotés 864 et 859 respectivement). On note également la présence d'un drain central et du cours du Gelon en grande partie rectifié et surcreusé et agissant également comme drain. L'analyse de la carte de végétation et un premier repérage sur le terrain (figure 2) ont fait apparaître que la zone centrale est la plus diversifiée, les zones nord-ouest, nord-est et sud-est étant constituées de complexes de roselières et magnocariçaies. Trois transects (les relevés sont matérialisés par des carrés jaunes) ont donc été établis, selon le gradient topographique, perpendiculairement au drain principal et permettant de traverser tous les habitats identifiés.

Pour une périodicité des suivis de 5 à 10 ans, privilégier les milieux ouverts (dont la végétation réagit plus vite aux perturbations) semble raisonnable. Comme règle empirique, on peut proposer qu'au moins la moitié des placettes concerne ces milieux ouverts, hors sites alluviaux boisés notamment.

Figure 2 : carte de végétation







## Représentativité des données

### Précision de l'information

La variabilité spatiale, testée sur quelques sites, est faible à l'échelle de la placette (variation type absolue de 0,2 pour la valeur d'engorgement du sol par exemple) et très faible à nulle à l'échelle du site.

La variabilité générale (incluant erreurs de re-localisation et passages à des dates différentes par des observateurs différents) a été testée sur 266 placettes. Elle représente des écarts de l'ordre de 0,5 en présence / absence et 0,7 en recouvrement pour le niveau d'engorgement à l'échelle de la placette, ceux-ci étant plus faibles pour la fertilité (respectivement 0,2 et 0,24). A l'échelle du site, les écarts sur les estimations de la médiane ont été calculés sur 20 sites. Pour la fertilité, les données calculées respectivement par la présence/absence et en tenant compte du recouvrement des espèces sont de 0,16 et

0,14. Pour l'indice d'engorgement, l'écart moyen de la médiane est de 0,27 et de 0,38 respectivement pour les données en présence / absence et en recouvrement.

### Représentativité de l'information collectée

Le protocole flore permet de capturer au moins 50 % du total des espèces d'un site (incluant les espèces découvertes lors du programme) pour près de 80 % des sites, le pourcentage moyen étant d'environ 65 %. La représentation des espèces mésohygrophiles à hygrophiles est encore meilleure. Ce pourcentage diminue avec la taille des sites surtout, et l'augmentation du nombre de placettes ne permet pas, avec un volume de travail restant raisonnable, de compenser cette diminution.

## Opérationnalité de la collecte

### Compétences requises

De solides compétences botaniques sont requises, au moins concernant la flore des zones humides. Sur le bassin Rhône-Méditerranée, bassin le plus diversifié en France en termes de types de zones humides, environ 1500 espèces ont été contactées, dont près de la moitié sont rares ou très rares. La maîtrise d'environ 800 à 900 espèces semble donc raisonnable sur l'ensemble du bassin étant donné l'impact modéré des omissions. Pour un opérateur local, ce nombre d'espèces est de l'ordre de 200 à 400.

### Impact du niveau de compétences

L'effet des erreurs de détermination ou des omissions d'espèces peut être évalué par quelques données bibliographiques. *EWALD (2003)* a montré que l'omission de 80% des espèces les moins abondantes des placettes affecte très peu les valeurs diagnostiques ; en corollaire, les erreurs de détermination sur les espèces abondantes peuvent avoir un impact assez fort.

### Temps moyen de collecte

En moyenne, le temps de collecte est de 1,5 jours par site (en un seul passage).

### Temps de validation et de saisie des données

Pour une structure possédant une chaîne de saisie, le temps de saisie est de l'ordre de 1 jour par site, celui de validation des données de l'ordre de 1 heure.

### Coût matériel/données / prestation/analyse

- GPS : entre 200 et 300 euros ;
- "décamètre" : environ 10 euros ;
- bornes de géomètre : environ 40 euros par borne.

### En annexe :

- La fiche de relevé de terrain (Annexe 1) ;
- Les référentiels construits ou disponibles dans le cadre du programme et nécessaires à la mise en œuvre du protocole (Annexe 2).

Opérationnalité de la collecte (Suite)



Le référentiel flore utilisé est TAXREF 6. Des ajouts (peu nombreux) ont été effectués pour des espèces ou des taxons infra-spécifiques non inclus dans cette version.

Une table d'équivalences entre différents référentiels flore utilisés par les structures gestionnaires a été construite, afin de permettre l'importation des données saisies dans les outils métiers des structures.

Un certain nombre de taxons, qui gardent leur identité dans la base, sont regroupés pour les traitements postérieurs, essentiellement à cause de difficultés de détermination (ex. *Carex flava* et *C. lepidocarpa*).

À chaque taxon est associé un certain nombre de valeurs indicatrices (valeur d'engorgement, valeur de fertilité, coefficient de conservatisme, statuts divers... ) qui servent pour le calcul des indicateurs. Pour l'essentiel, ces valeurs, établies pour la Suisse, sont tirées de **LANDOLT et al. (2010)**.

L'application à Rhône-Alpes ne pose pas de

difficultés particulières, hormis pour l'humidité. Une certaine de valeurs a été modifiée car **LANDOLT et al. (2010)** attribuent une valeur indicatrice d'humidité globale et non strictement édaphique : certaines espèces des milieux forestiers des climats frais et humides (ex. *Saxifraga rotundifolia*) ont ainsi des valeurs élevées alors qu'elles ne sont pas liées à des sols hydromorphes.

D'autre part, pour les espèces des zones humides méditerranéennes (absentes de Suisse), les valeurs indicatrices de **JULVE (2012)** ont été utilisées. Toutefois, ces dernières étaient basées sur une échelle de 1 à 12 (contre une échelle de 1 à 5 mais avec des demi-niveaux pour **LANDOLT et al., 2010**). Il a donc fallu harmoniser les deux systèmes sur une échelle commune de 1 à 10. La comparaison des valeurs indicatrices des espèces en commun entre les deux systèmes a montré la meilleure cohérence globale (malgré des divergences assez nombreuses mais de faible ampleur) avec les équivalences suivantes du tableau 1 :

Référentiel flore et valeurs indicatrices de références

Référentiel Landolt	Référentiel Julve	Référentiel commun RhoMéo
1	1	1
1.5	2	2
2	3	3
2.5	4	4
3	5	5
3.5	6	6
4	7	7
4.5	8	8
5	9	9
5u	10	10
5v	11	10
-	12	10

Bibliographie

CHYTRY M. & OPTYKOVA Z., 2003. Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. *Journal of Vegetation Science* 14 : 563-570.

EWALD J., 2003. The sensivity of Ellenberg indicator values tp the completness of vegetation relevés. *Basic and Applied Ecology* 4 : 507-513.

JULVE Ph. 2012. CATMINAT. Document téléchargeable à l'adresse suivante : <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm>

LANDOLT E. et al., 2010. *Flora indicativa*. CJB Genève, Haupt, Berne, 376 p.

# ANALYSES CHIMIQUES DE SOLS

## Description et principes du protocole

Cette fiche regroupe les différentes méthodes d'analyses chimiques de sols permettant d'obtenir les informations suivantes :

- Concentration en carbone organique (exprimée en g/kg de poids sec de sol) ;
- Phosphore total (exprimé en g/g de poids sec de sol) ;
- Substances humiques (concentration de carbone en mg/g de poids sec du sol pour chacune des trois fractions : acides fulviques, acides humiques et humine).

Ces analyses chimiques doivent être réalisées dans un laboratoire ayant un équipement et des conditions de sécurité adéquats.

Les informations méthodologiques contenues dans cette fiche ont pour objectif d'aider les

gestionnaires de zones humides à appréhender les principes de ces analyses afin de les guider dans leur choix méthodologique et de faciliter leurs collaborations avec les laboratoires prestataires.

Plusieurs échantillons de sol superficiel (0-20 cm) sont recueillis afin d'obtenir une vision représentative de l'habitat et/ou de la zone humide. Le sol superficiel est collecté préférentiellement au sol profond, car celui-ci reflète l'environnement racinaire des plantes et retranscrit l'histoire récente du site.

Un seul prélèvement permet d'effectuer les trois premières analyses ci-dessus.

## Méthode de mise en place

Un prélèvement, au minimum, doit être effectué par habitat. Pour obtenir des données représentatives de la zone humide, il faut mettre en place un plan d'échantillonnage stratifié par habitat Corine Biotopes, qui peut être à des échelles différentes. Plus la zone humide est grande et/ou hétérogène (constituée de nombreux habitats Corine Biotopes), plus le nombre de prélèvements doit être important.

### Collecte des échantillons de sol

La méthode décrite ci-dessous correspond à un seul prélèvement ; elle doit donc être effectuée pour chaque habitat ou groupe d'habitats :

- Choisir 3 placettes d'environ 1 m<sup>2</sup> représentatives de l'habitat en prenant soin de bien les disperser au sein de l'habitat, tout en évitant les secteurs atypiques :

marges, microtopographies... Si l'habitat présente un gradient (pente, hauteur d'eau...), il faut positionner les placettes le long de ce gradient ;

- Prélever sur chaque placette trois carottes de sol de 20 cm d'épaisseur ;
- Retirer les végétaux (en conservant le sol autour des racines) et les éventuels macro débris (bouts de branches, feuilles, etc.) ou cailloux ;
- Mettre les 9 carottes de sol dans un sac, fermer hermétiquement, et les stocker dans une glacière ;
- Bien mélanger/homogénéiser les 9 carottes ;
- Le prélèvement de sol peut être conservé au réfrigérateur pendant quelques jours.



## Représentativité des données

La représentativité des données dépend directement du plan d'échantillonnage ; il est donc impératif de le définir avec soin et de l'adapter aux particularités de chaque zone humide. Dans le cadre d'un suivi, il faut impérativement conserver le même plan d'échantillonnage et effectuer la collecte des échantillons de sol aux mêmes endroits. La localisation précise des placettes avec un GPS est donc indispensable. Bien que les indicateurs carbone organique, phosphore total et substances humiques présentent de faibles variations saisonnières, il est fortement conseillé de réaliser les prélèvements à la même période et au printemps de préférence.

Dans la mesure du possible, il est préconisé d'échantillonner tous les habitats Corine Biotopes présents sur la zone humide. Les habitats couvrant plus de 5 hectares doivent faire l'objet d'au moins 2 prélèvements et 3 prélèvements sont nécessaires pour les habitats de plus de 10 hectares. Pour rappel, un prélèvement correspond à 3 placettes donc 9 carottes de sols. Ce type d'échantillonnage permet d'apporter des informations relativement précises sur chacun des habitats, mais également des informations très fiables à l'échelle du site. En outre, il permet d'appréhender l'hétérogénéité physico-chimique des sols de la zone humide.

Dans le cadre d'un suivi, un plan d'échantillonnage simplifié plus économique peut être mis en place. Dans ce cas, seuls les habitats couvrant des superficies importantes à l'échelle de la zone humide peuvent être échantillonnés, s'ils représentent au total au moins 70 % de la superficie de la zone humide. Les habitats représentant moins de 10 % de la superficie peuvent être exclus, à l'exception des habitats aquatiques puisque ces milieux présentent généralement des caractéristiques physico-chimiques bien particulières. Il est également envisageable de regrouper les sous-habitats Corine biotopes par grands types d'habitat pour diminuer le nombre de prélèvements sur la zone humide, mais il faut toujours effectuer au minimum un prélèvement pour 5 hectares. De manière générale, il est tout de même conseillé de réaliser un prélèvement pour 3 hectares afin d'obtenir une

meilleure représentativité.

Pour les zones humides étendues (> 30 ha), floristiquement hétérogènes (> 20 habitats Corine biotopes) ou présentant des gradients topographiques et hydrologiques marqués, il est fortement préconisé de mettre en place un plan d'échantillonnage complet la première année, c'est-à-dire un échantillonnage de tous les habitats. En fonction de la variabilité spatiale observée dans les résultats obtenus, il sera possible de définir un plan d'échantillonnage adapté. Par exemple, les habitats ayant des caractéristiques chimiques similaires pourront alors être regroupés et faire alors l'objet d'un unique prélèvement dans le cadre d'un suivi (si la surface ne dépasse pas 5 ha). A l'inverse, des habitats chimiquement très différents devront être échantillonnés séparément par la suite. Selon la zone humide, il peut être intéressant de réaliser un ou plusieurs prélèvements supplémentaires dans les secteurs suspectés d'être altérés (affluents, limites de parcelle agricole ou d'habitation, etc.).

Si le nombre de zones humides suivies est important et/ou le budget disponible faible, il est fortement conseillé de ne pas trop simplifier le plan d'échantillonnage mais plutôt de regrouper les prélèvements (mélange des carottes de sols de plusieurs prélèvements), ce qui permet de diminuer le nombre d'analyses de sol sans diminuer la représentativité. Il faut alors apporter un soin tout particulier au mélange des sols (homogénéisation) et veiller à ce que les analyses réalisées ultérieurement soient faites en duplicat. Il ne faut cependant pas oublier que plus le nombre de prélèvements et d'analyse est important, plus la fiabilité et la représentativité à l'échelle de la zone humide est forte.

Taille de l'habitat	Nombre de prélèvement
Moins de 5 ha	1
De 5 et 10 ha	2
De 10 à 25 ha	3
Plus de 25 ha	3 par tranche de 25 ha

**Nombre de prélèvement en fonction de la taille de l'habitat**

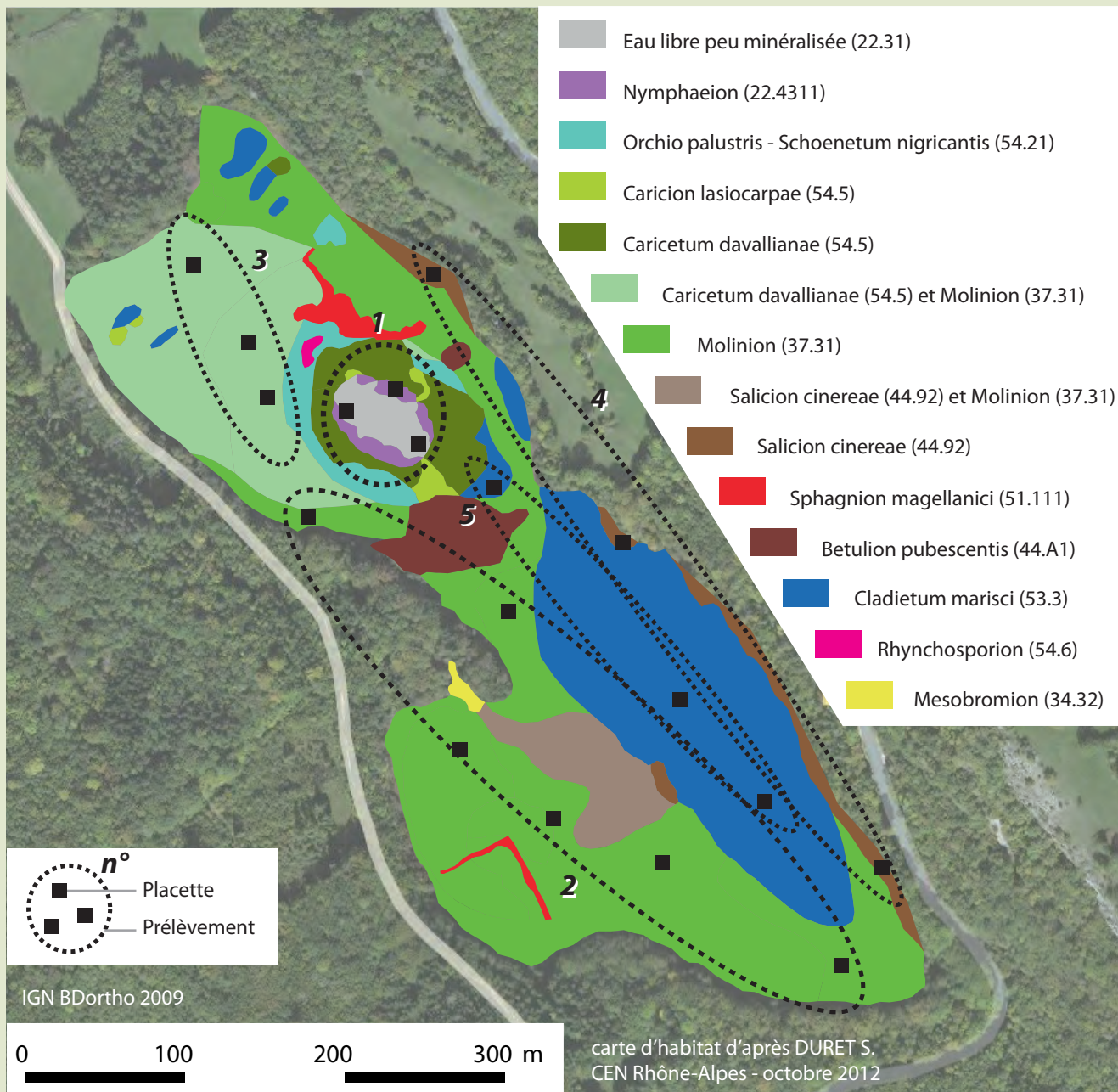


Méthode de mise en place (Suite)

Exemple :

Le lac-tourbière de Cerin, s'étend sur environ 13 ha et comprend 13 habitats Corine Biotopes. Le plan d'échantillonnage simplifié ne conserve que les habitats couvrant plus de 10 % de la superficie de la zone humide, soit 4 habitats, ce qui totalise plus de 80 % de la surface du site. Un prélèvement a été ajouté pour la pièce d'eau. La prairie à molinie s'étendant sur plus de 5 ha, deux prélèvements sont nécessaires. En résumé, il faudra donc réaliser 6 prélèvements (donc 18 carottes de sols) et analyses pour obtenir une bonne représentativité du site.

Carte d'habitat du site de Cerin



## Analyse Chimique

Ces analyses chimiques doivent être réalisées dans un laboratoire ayant un équipement et des conditions de sécurité adéquats. Des informations méthodologiques détaillées sont données en annexe afin de permettre aux gestionnaires de zones humides d'appréhender les principes de ces analyses pour les guider dans leur choix méthodologique et faciliter leurs échanges avec les laboratoires prestataires. Dans le cadre d'un suivi, il est indispensable de conserver la même méthode d'analyse aux différentes dates et dans les différents sites échantillonnés.

### a) Carbone organique total

La teneur en carbone organique total (COT) s'exprime soit en g par kg de sol sec soit en % de sol sec. Il existe plusieurs méthodes de dosage du carbone organique total dans un sol, les plus courantes sont :

- La méthode Anne (NF ISO 14235) ;
- La méthode Dumas (NF ISO 10694).

Nous recommandons la méthode Dumas qui présente l'avantage d'être précise et utilisable sur tous les types de sols (pas de limitations de la teneur en matière organique).

Les tarifs proposés par les laboratoires d'analyses de sols pour le dosage du carbone organique total (COT) peuvent être très variables en fonction du laboratoire, du nombre d'échantillons, de la méthode utilisée, du dosage d'autres éléments sur un même échantillon de sol... La gamme de prix oscille entre 5 € et 50 € par échantillon de sol, mais plus couramment entre 10 € et 20 €. De nombreux laboratoires proposent des « packages » d'analyses de sol incluant le COT, l'azote, le phosphore, le pH, le potassium, le calcium... pour des prix s'échelonnant de 50 € à 150 €.

### b) Phosphore total

La teneur en phosphore total (PT) s'exprime en g par kg de sol sec. Il existe plusieurs méthodes d'analyses normalisées ou non, pour mesurer la quantité de phosphore total dans un sol. On distingue deux types de mesures, avec de nombreuses variantes :

- La méthode colorimétrique ;
- La méthode ICP.

Nous recommandons l'utilisation de la méthode ICP bien qu'elle soit encore assez peu répandue (elle nécessite un équipement coûteux) car elle offre une très bonne précision et est applicable à tous les types de sols.

Les tarifs proposés par les laboratoires d'analyses de sols pour le dosage du phosphore total peuvent être très variables en fonction du laboratoire, du nombre d'échantillons, de la méthode utilisée, du dosage d'autres éléments sur un même échantillon de sol... Les prix varient de 20 € à 100 € par échantillon de sol, mais sont le plus couramment compris entre 30 € et 50 €. Dans ce cas, il faut vérifier s'il s'agit bien du dosage du phosphore total et non pas du phosphore dit assimilable.

### c) Substances humiques

Les substances humiques représentent en moyenne 2/3 de la matière organique du sol. On distingue trois fractions selon leur solubilité dans les acides et les bases : les acides humiques (AH), les acides fulviques (AF) et l'humine (HU). Après le fractionnement humique, la concentration en carbone est dosée dans chacune des trois fractions selon une méthode normalisée (DUMAS).

Le prix d'un fractionnement humique devrait se situer entre 100 € et 250 € pour un échantillon. A cela s'ajoute le prix le dosage du carbone sur les 3 fractions.

## Opérationnalité de la collecte

### Compétences requises

Le prélèvement en lui-même ne demande aucune compétence particulière. Cependant si l'échantillonnage se fait par habitat Corine Biotopes, il faut savoir identifier correctement les habitats et de bonnes notions de botanique sont donc requises.

### Temps moyen de collecte

Pour quatre prélèvements sur une zone humide, soit 12 placettes (36 carottes de sol), il faut prévoir de 1h à 2h30 selon la superficie et la difficulté de déplacement au sein du site.

### Matériel

- Tarière (hélicoïdale de préférence, surtout pour les sols fibreux) ou tube plexiglas avec bouchon (pour les sols non cohésifs) ; prix : 25 à 150 €, selon modèle et qualité.
- Contenants étanches (sachets ou pots) ; prix : 0,5 à 10 €, selon quantité.
- GPS ; prix : entre 100 et 300 €, selon qualité et précision.

### Domaine d'application

Toutes les zones humides possédant un sol ; sont exclus les substrats minéraux grossiers (graviers, galets, roche-mère, etc.).



# NIVEAU D'HUMIDITÉ DU SOL - PÉDOLOGIE



## Description et principes

Les traits d'hydromorphie sont caractérisés pour chaque horizon à l'aide des descripteurs de la fiche de terrain. L'association des différents horizons hydromorphes permet de calculer une note d'hydromorphie. Des outils de requête et calcul automatisés de la note ont

été développés, mais ne doivent pas affranchir l'opérateur d'une validation de la cohérence du résultat au regard de la saisie dans la fiche de terrain. Les valeurs des différents points de relevé d'un site sont agrégées pour obtenir une note globale.

## Méthode de calcul

Une série de requêtes sur les classes des différents descripteurs permet de définir le type d'horizon hydromorphe, à saturation temporaire (Go) ou permanente (Gr, Hf, Hm, Hs, K, Organo).

Il peut arriver qu'un horizon puisse être classé dans deux types d'horizons hydromorphes proches (environ 15% des horizons observés).

En effet, un certain nombre d'horizons de transition possèdent des caractéristiques qui permettent de les classer dans deux types d'horizons hydromorphes. Ce cas se présente par exemple entre les tourbes fibriques et mesiques (27% des horizons classés tourbeux Hf, Hm ou Hs). Toutefois ces doubles classements ne posent pas de problème pour le calcul de la note d'hydromorphie.

### Liste des requêtes définissant les types d'horizons hydromorphes

Horizon Type	Note	Principes de classement	Critères de classement (formules à utiliser dans un tableur)	OPÉRATEUR Champs (voir fiche terrain) Valeur
L	1	présence de racine et texture organique	$ET(F\_racines > 1; C\_texture = 1; numero = 1; ESTVIDE(Q\_von\_post))$	
Gr	1	texture massive de couleur grise à bleue/verdâtre	$ET(C\_texture > 1; OU(G\_taches = 3; ET(B1\_couleur = «GLE1» ; B2\_value < 7) ; ET(B\_couleur = «GLE2» ; B2\_value < 7)))$	
Go	2	présence de tache d'oxydation de couleur rouille	$ET(C\_texture > 1; ET(G\_taches = 2; G\_éléments\_grossiers > 0))$	
J	1	horizon sableux homogène	$ET(OU(C\_texture = 2; C\_texture = 3); O\_friabilité > 2; D\_structure = 1)$	
T	3	concrétion calcaires	$ET(B2\_value > «4,5»; Q\_von\_post < 1; O\_friabilité < 2; M\_plasticité = 1)$	
Hf	3	tourbe fibrique claire	$ET(C\_texture = 1; D\_structure > 10; Q\_von\_post > 0; Q\_von\_post < 4)$	
Hm	2	tourbe brune mésique	$ET(C\_texture = 1; Q\_von\_post > 3; Q\_von\_post < 8)$	
Hs	2	tourbe noire très décomposée	$OU(ET(C\_texture = 1; Q\_von\_post > 7); ET(C\_texture > 3; Q\_von\_post > 2))$	
Org	2	horizon de transition entre tourbe et formation argileuse collante	$ET(G\_taches = 1; ESTVIDE(Q\_von\_post); OU(ET(C\_texture = 1; D\_structure > 3; D\_structure < 10) ET(C\_texture > 1; D\_structure > 10)))$	
Ha/LH	1	tourbe déstructurée granuleuse	$ET(C\_texture = 1; OU(D\_structure < 3; D\_structure = 11); ESTVIDE(Q\_von\_post); K\_humidité < 3)$	

**Méthode de calcul (Suite)**

Pour chaque type d'horizon, défini précédemment, est affectée une valeur correspondant au niveau de saturation en eau du sol nécessaire pour qu'apparaissent les traits d'hydromorphie. Ainsi, un horizon réductique qui nécessite une saturation en eau quasi-permanente se voit attribuer une valeur de 2. Un horizon redoxique prend une valeur de 1, les horizons non hydromorphes une valeur de 0. Les valeurs des horizons proches de la surface,

c'est-à-dire dans les 25 premiers centimètres, sont à multiplier par 2.

La note d'hydromorphie du point de relevé est la moyenne des notes des horizons qui composent le sol.

La note d'hydromorphie du site, correspond, à la moyenne des notes des différents relevés effectués sur le site.

**Clés d'interprétation de la note indicatrice**

Plus la note d'hydromorphie est importante, plus la saturation en eau du sol est importante. Une diminution de cette note traduit donc un assèchement de la zone humide.

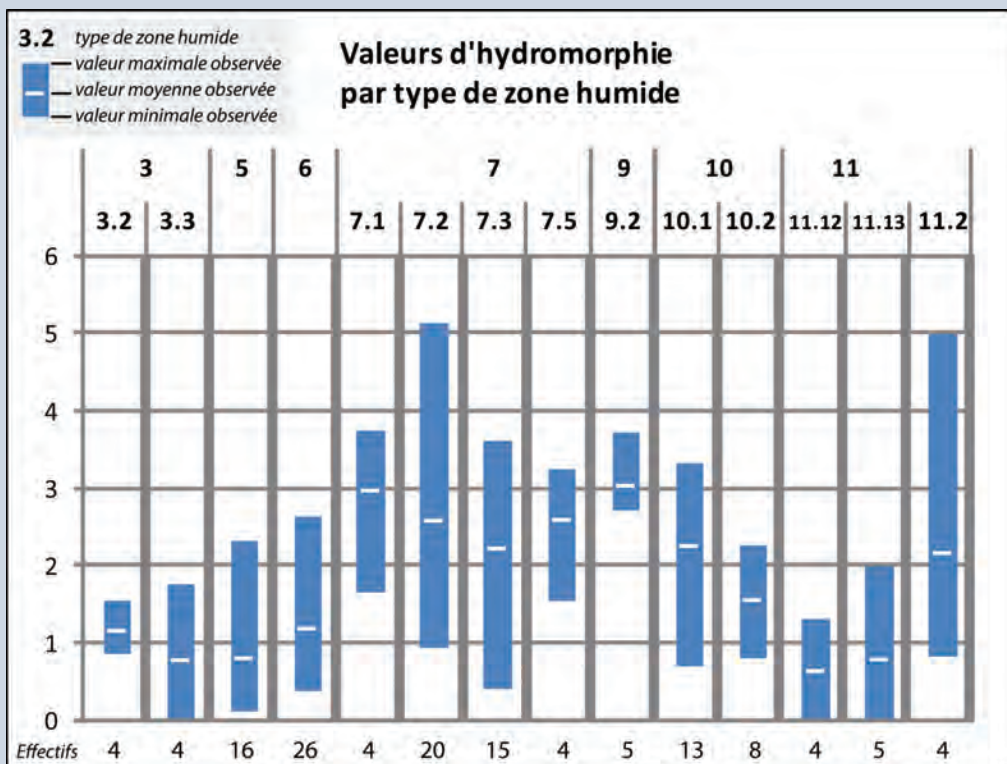
Les valeurs s'échelonnent entre 0, pour un sol non hydromorphe et 6, pour des horizons totalement saturés en permanence dans les 50 premiers centimètres. L'analyse d'un jeu de données de 143 sites et 928 points de relevés répartis dans l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée montre qu'à l'échelle d'un site, les valeurs varient entre 0 et 5,14 ; la valeur médiane d'hydromorphie étant de 1,6.

Les notes de l'ensemble des points de relevés d'un site étant moyennées, le seuil de significativité de l'évolution de la valeur indicatrice est d'autant plus faible que le nombre de point de relevés est important. Ainsi, sur un site alluvial (type 6) avec 18 points de relevé,

la baisse de la nappe entraînant la disparition des traces d'oxydo-réduction dans l'horizon de surface et l'apparition plus profonde des traits réductiques se traduit par une baisse de la note de 0,84 à 0,76 à l'échelle du site (de 2,33 à 1 à l'échelle du relevé). De la même manière, pour une petite tourbière de tête de bassin versant (type 7.3) l'évolution de la tourbe fibrique de surface vers une tourbe mésique pour l'un des quatre relevés du site se traduit par une baisse de la note de 4,93 à 4,79.

Suivant le type de zone humide, la saturation en eau du sol et, par conséquent, les traces d'hydromorphie et la note qui en découle, varient. Ainsi par exemple, cette note varie de 0,8 à 2,7 pour les milieux alluviaux dans nos cas d'étude et de 1 à 5,1 pour les tourbières alcalines.

*Exemples d'amplitude des valeurs observées :*







**Exemple d'application**

*Site de Lépin le Lac / Marais du Lac d'Aiguebelette*  
 Type 9.2 - zone humide de bordure de plan d'eau en  
 contexte alcalin



Le relevé numéro 9 présente quatre horizons dans les différents descripteurs permet d'attribuer les notes d'hydromorphie suivantes à chaque horizon :

183		Marais de Lepin le Lac										0183pedo009_001								
numero	profondeur	A_limites	B1_color	B2_value	B3_chroma	C_texture	D_structure	E_elements_grossiers	F_racines	G_taches	H_abondance	I_taille	J_forme	K_humidite	L_compacite	M_plasticite	N_adhesivite	O_friabilite	P_alteration_MO	Q_Von-Post
1	3	1	5Y	2.5	1	1	2	1	3	1				2	1	1	1	3	3	
2	35	4	5Y	5	2	3	4	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	3	4	
3	43	1	GLE Y1	6	10Y	4	4	1	1	1				3	1	3	2	3	4	
4	50		10YR	4	2	1	11	1	1	1				3	1	2	1	3	3	2



**Exemple d'application (Suite)**

- **Horizon 1** - accumulation de matière organique (critères C, D et F) en surface > litière, note de 1 ;
- **Horizon 2** - présence de taches de couleur rouille (critères G, H, I, J) dans la matrice minérale (critères C et D) > traces d'oxydation, note 1 ;
- **Horizon 3** - couleur de la matrice argileuse (critères B, C et M) > traces de réduction, note 2 ;

**Horizon 4** - matière organique peu décomposée (critères C, D et Q) > tourbe fibrique, note 3.

Les valeurs des horizons 1 et 2 qui débutent à moins de 25 centimètres de profondeur sont multipliées par deux. L'ensemble des notes des différents horizons sont moyennées pour obtenir la note d'hydromorphie du relevé, ici 2,25.

N° Hz	profondeur		RQT L	RQT Gr	RQT Go	RQT J	RQT T	RQT Hf	RQT Hm	RQT Hs	RQT Org	RQT Ha/L H	VALEUR HYDROMORPHIE
1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	3	35	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	35	43	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4	43	50	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
													2,25

Pour obtenir la note indicatrice du site, les valeurs des neufs relevés réalisés sont moyennées. Dans cet exemple, la note d'hydromorphie du site de Lépin-le-Lac est de 2,98.

Pour aller plus loin, l'analyse détaillée des descripteurs et de la succession des horizons apporte de précieuses informations sur la dynamique actuelle et passée du site. Ainsi, on notera dans cet exemple la présence d'horizons minéraux limono-argileux surmontant

des niveaux tourbeux peu décomposés, traduisant la modification historique de la dynamique sédimentaire, voire l'apport de matériaux (remblais) comme l'ont fait apparaître d'autres relevés sur le site. Par ailleurs, la mise en place d'un horizon tourbeux n'étant possible qu'en condition de saturation en eau permanente en surface, l'absence de ce type de trait d'hydromorphie dans les horizons 1 et 2 traduit les modifications du fonctionnement hydrologique.



# INDICE FLORISTIQUE D'ENGORGEMENT

## Description et principes

L'indice de niveau d'engorgement du site est traduit par plusieurs valeurs et graphiques complémentaires permettant de résumer l'information et de conserver l'expression de la variabilité du site :

- la note moyenne de l'indice par placette

à partir desquelles on établit la valeur médiane du site ;

- l'histogramme des valeurs des placettes ;
- l'histogramme du nombre d'occurrences d'espèces par valeurs indicatrices.

## Méthode de calcul

Pour le suivi d'un site dans le temps, il faut au préalable s'assurer que les calculs sont effectués sur les mêmes couples de placettes.

Pour les sites présentant des compartiments aquatiques, il est préconisé d'évaluer séparément ceux-ci des compartiments terrestres ou amphibies.

A l'échelle de la placette, la valeur diagnostique est calculée selon la procédure expliquée dans l'annexe 2.

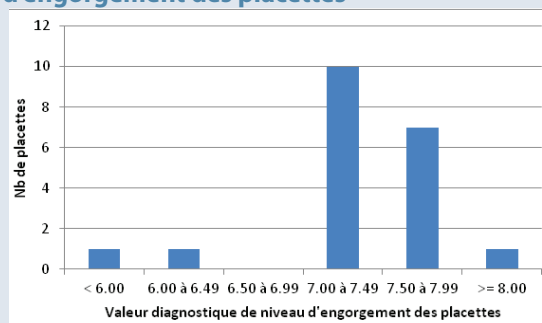
A l'échelle du site, deux paramètres sont évalués :

- La tendance globale calculée par la médiane des valeurs diagnostiques des placettes ;
- La variabilité, sous la forme d'un histogramme des valeurs diagnostiques des placettes (figure 1) ; on compte le nombre de placettes ayant une valeur diagnostique comprise entre la borne inférieure et supérieure d'une classe (par exemple, 10 placettes ont une valeur d'humidité comprise entre 7,00 et 7,49). L'autre mode

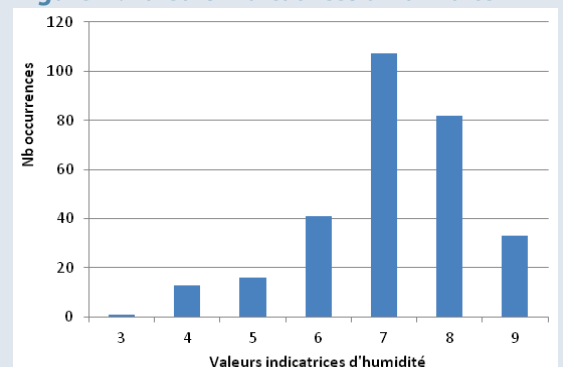
de description de cette variabilité est un histogramme des occurrences d'espèces ayant une valeur indicatrice d'humidité donnée (figure 2). Il s'agit simplement de compter, à l'échelle du site, le nombre de fois où des espèces ayant une valeur indicatrice de niveau d'engorgement donnée ont été contactées (quelle que soit l'identité taxonomique).

Un examen préalable de l'histogramme des valeurs diagnostiques, permet de déterminer si ces distributions sont symétriques ou au moins unimodales aux deux dates à comparer. Si tel est le cas, un test statistique d'évolution de la tendance centrale (médiane) peut être mis en oeuvre. Dans le cas contraire (notamment répartition bimodale à une des deux dates), l'évaluation sera basée sur le calcul d'un indice semi-statistique d'évolution et sur la comparaison de l'écart observé entre les deux dates (cf. annexe 2).

**Figure 1 : valeur diagnostique de niveau d'engorgement des placettes**



**Figure 2 : valeurs indicatrices d'humidité**



**Clés d'interprétation de la note indicatrice**

La valeur de l'indice est corrélée positivement avec le niveau moyen annuel ou estival de la nappe : plus sa valeur est élevée, plus le niveau moyen de la nappe est proche de la surface. La gamme de valeur va de 1 à 10 en théorie. Les valeurs médianes pour les zones humides varient de 3,77 (marais de plaine drainés, marais de pente) à 8,25 ou plus (pour les tourbières à sphaignes non altérées) sans tenir compte du recouvrement des espèces, et entre 3,46 et 8,90 si on prend en compte le recouvrement. Les valeurs minimales, moyennes et maximales observées par type de zone humide sont données (graphique ci-dessous).

La significativité de l'écart observé entre deux dates peut être analysée de trois manières (voir exemple de l'encadré 1) :

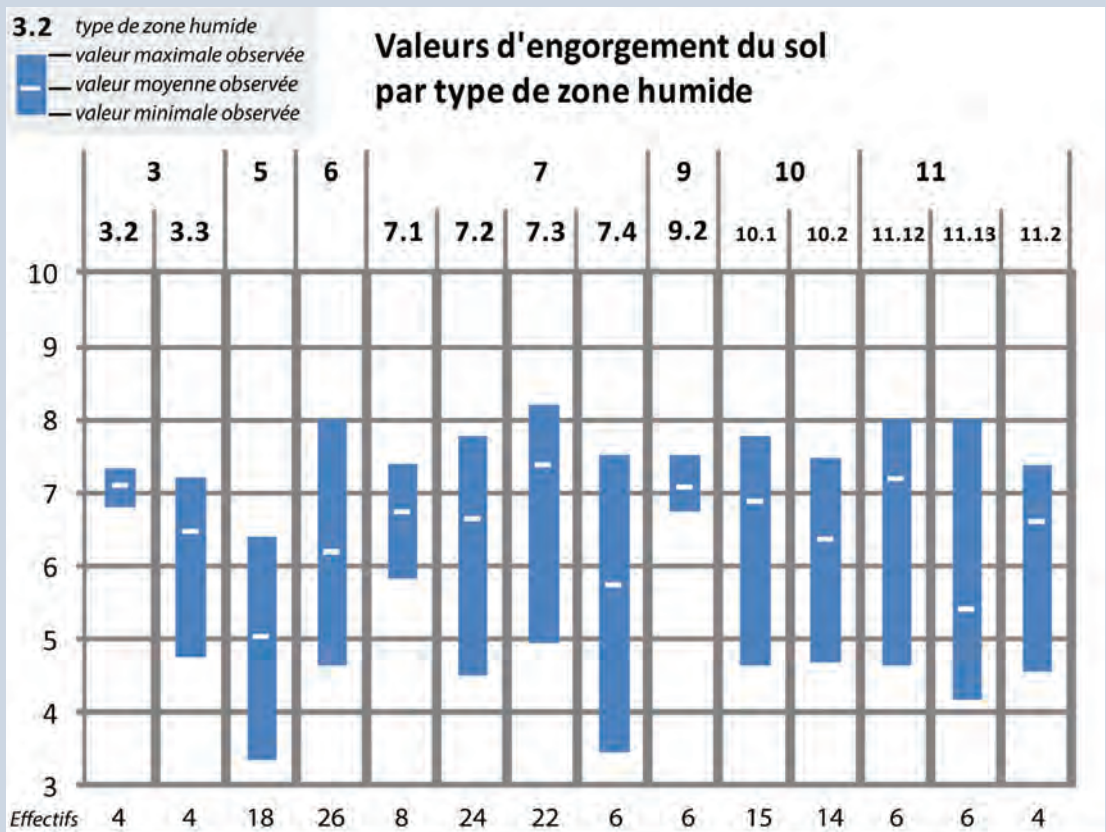
- En comparant l'écart observé avec l'erreur moyenne à l'échelle d'un site (due à de mauvaises re-localisations des placettes, des décalages phénologiques, des erreurs de déterminations...). L'erreur moyenne pour le niveau d'engorgement a été estimée à 0,3 en présence/absence et 0,4 ou avec prise en compte du recouvrement des espèces. Ces valeurs sont applicables pour tous les types de zones humides. Pour être significatif, l'écart observé doit être supérieur à l'erreur moyenne, donc supérieur à 0,3 ou 0,4 selon le mode de calcul choisi ;

- En calculant l'écart global entre les occurrences observées et attendues comme si ces occurrences étaient indépendantes des années. Il s'agit d'une mesure semi-statistique, le coefficient V de Cramer (Annexe 2 pour un exemple détaillé des calculs) ; pour être "significatif", ce coefficient (qui varie de 0 à 1) doit être au moins supérieur à 0,1 ;
- En comparant statistiquement les valeurs des placettes avec le test non paramétrique des rangs signés de Wilcoxon. Pour être significatif, la statistique du test doit être inférieure à des valeurs seuils données dans des tables spéciales mais facilement disponibles (Annexe 2 pour le détail des calculs et l'obtention des tables).

La mécanique des calculs est expliquée dans des manuels statistiques comme *DAGNELIE (2011), SOKAL & ROHLF (2012), SPRENT (1993) ou TOMASSONE et al. (1993)*, ou enfin dans les cours de statistiques de l'Université de Lyon de *RAKOTOMALALA (2008, 2011)*.

Pour chaque site, l'évolution à deux dates peut donc être évaluée de trois manières. L'évolution d'un site, que ce soit positivement ou négativement, est considérée probante si au moins deux de ces trois procédures débouchent sur des résultats significatifs.

*Exemples d'amplitude des valeurs observées*







## Exemple d'application

Sur le site des Mièges (Haute-Savoie), appartenant au type SDAGE 7, 20 placettes ont été échantillonnées en 2010, pour un total de 293 observations. La valeur de l'indice floristique de niveau d'engorgement de ce site est de 7,03 (avec prise en compte du recouvrement), soit une valeur usuelle pour ce type de zone humide. Les histogrammes des valeurs par placettes et des occurrences d'espèces par valeurs indicatrices sont ceux des figures 1 et 2.

Nous avons simulé des données pour l'année 2015 (Annexes 2), en basant cette simulation sur une baisse des valeurs indicatrices de l'ordre de 10 %.

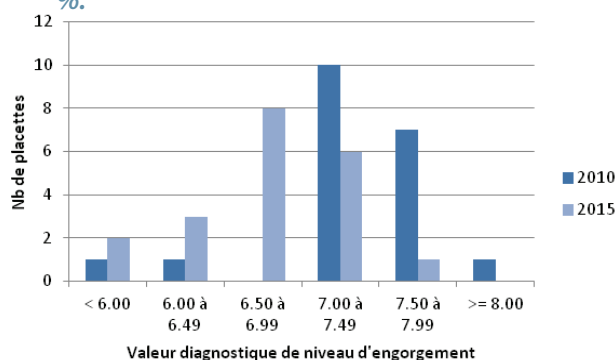


Figure 3 : Valeur diagnostique de niveau d'engorgement

La médiane des valeurs des placettes vaut 6,59 en 2015, soit un écart de 0,44 entre les deux dates. L'écart observé est légèrement supérieur à l'erreur estimée pour l'indice d'engorgement avec recouvrement (0,4) et peut donc être considéré significatif de ce point de vue.

Le coefficient de Cramer vaut 0,159 (Annexe 2) et est donc faiblement significatif (car  $> 0,1$  mais  $< 0,3$ ).

L'histogramme des valeurs par placettes pour les deux années est donné figure 3. On constate que la distribution est unimodale aux deux dates : on peut donc appliquer le test statistique de Wilcoxon.

Le test conclut à une différence de distribution des valeurs d'engorgement entre les deux années hautement significative (voir le détail des calculs annexe 2).

Les trois méthodes d'évaluation indiquent que les différences observées entre 2010 et 2015 sont significatives : on peut conclure qu'il y a une évolution du niveau d'engorgement (c'est-à-dire un assèchement dans ce cas) pour ce site entre les deux dates.

### *Bibliographie*

DAGNELIE P., 2011. *Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions.* De Boeck (ed.), Bruxelles, 736 p.

RAKOTOMALALA R., 2008. *Comparaisons de populations. Test, non paramétriques. Version 1, téléchargeable à l'adresse suivante : [http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Comp\\_Pop\\_Tests\\_Nonparametriques.pdf](http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Comp_Pop_Tests_Nonparametriques.pdf)*

RAKOTOMALALA R., 2011. *Etude des dépendances - Variables qualitatives. Tableau de contingence et mesures d'association. Version 2, téléchargeable à l'adresse suivante : [http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Dependance\\_Variables\\_Qualitatives.pdf](http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/cours/Dependance_Variables_Qualitatives.pdf)*

SOKAL, R.R. & ROHLF F.J., 2012. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 4th edition,* W. H. Freeman and Co. (eds.), New York. 937 p.

SPRENT P., 1993. *Statistiques non paramétriques.* INRA (ed.), Paris, 294 p.

TOMASSONE R., DERVIN C, MASSON J P..1993. *Biométrie. Modélisation de phénomènes biologiques.*



# DYNAMIQUE HYDROLOGIQUE DE LA NAPPE SUBSTANCES HUMIQUES

## Description et principes

Les substances humiques sont des indicateurs de fonctionnement global d'une zone humide ; leurs proportions relatives résultent

des processus biotiques et abiotiques responsables de la transformation de la matière organique.

## Méthode de calcul

Les indicateurs basés sur les substances humiques sont :

- La part d'humine dans les substances humiques (% HU), qui informe sur le fonctionnement hydrologique, notamment sur les variations piézométriques ;
- Le ratio acides humiques sur acides fulviques (AH/AF) qui informe sur les conditions globales de dégradation de la matière organique (température, oxygénation, pH, caractère plus ou moins réfractaire du végétal qui compose la matière organique). L'évolution de ces indicateurs permet donc d'identifier les éventuels basculements fonctionnels en œuvre dans la zone humide. Le pourcentage d'humine correspond à la

part de carbone de cette fraction par rapport au carbone de l'ensemble des substances humiques (c'est la quantité de carbone de chacune des trois fractions qui est utilisée et non la masse de la fraction). De même, le ratio AH/AF correspond au ratio de la quantité de carbone contenue dans les acides humiques sur la quantité de carbone contenue dans les acides fulviques.

La mesure de ces indicateurs passe par un prélèvement de sol (cf. fiche P04) et un fractionnement humique, suivis d'un dosage du carbone contenu dans chacune de ces fractions (cf. fiche P04).

## Clés d'interprétation de la note indicatrice

L'interprétation de cet indicateur peut se faire à l'échelle du site, mais uniquement si l'échantillonnage est adapté et représentatif de la zone humide. Dans le cas contraire, l'interprétation devra se cantonner aux seuls habitats échantillonnés. Le tableau ci-contre présente les valeurs moyennes et les écarts types des deux indicateurs mesurés sur 14 habitats CORINE Biotopes répartis dans 101 zones humides tests du bassin Rhône-Méditerranée. Ces valeurs n'ont pas vocation à être utilisées comme références, mais comme des indications de la gamme de valeurs observables.

### Pourcentage d'humine (% HU)

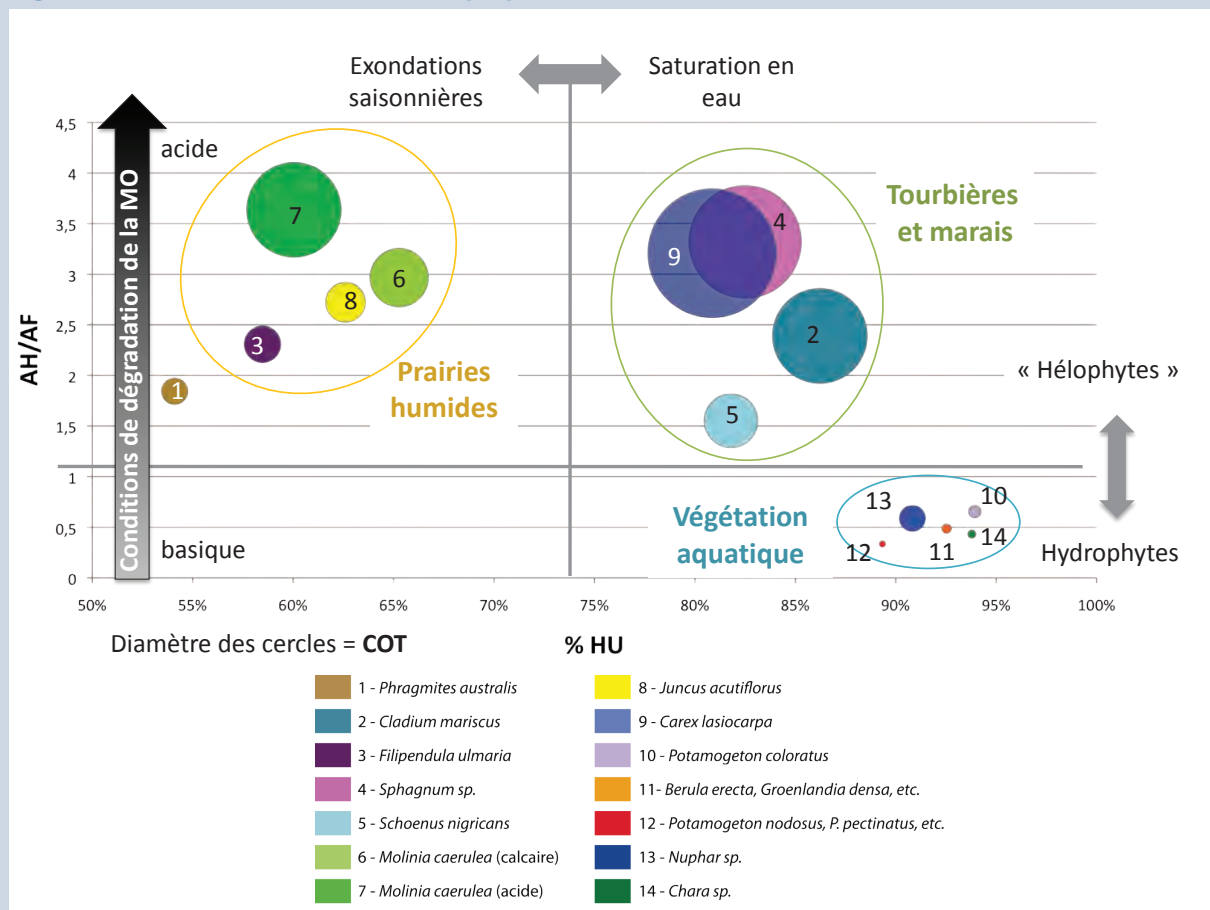
La part d'humine contenue dans les substances humiques est un indicateur du fonctionnement hydrologique et en particulier des variations piézométriques. Il a été observé que les sols ayant un pourcentage de HU très élevé ( $\geq 85\%$ ) correspondent à des milieux aquatiques. Des proportions légèrement moins fortes (entre 75% et 85%) correspondent à des tourbières et des marais, dans lesquels les fluctuations piézométriques sont généralement faibles. On peut noter le cas particulier des phragmitaies qui présentent deux originalités : un pourcentage



**Clés d'interprétation de la note indicatrice (Suite)**

Moyennes par habitat CORINE Biotopes (indiqué par l'espèce dominante) de la part de l'humine (%HU), du ratio acides humiques sur acides fulviques (AH/AF) et du carbone organique total (COT).

Figure tiré de Tiré de GRASSET et al, in prep.



d'humine très faible pour son groupe (tourbières et marais) et une forte variabilité (écart type) de la part d'humine au sein de cet habitat. Le caractère fortement ubiquiste, notamment concernant les conditions hydrologiques, de cette communauté végétale pourrait expliquer cette particularité. En effet, les phragmitaies échantillonnées étaient soit relativement sèches, soit saturées en eau, ce qui explique cette valeur moyenne s'écartant du groupe « tourbières et marais ». Les sols des habitats généralement soumis à de fortes variations piézométriques, c'est-à-dire des prairies humides, ont des proportions d'humine comprises entre 50% et 70%. On peut d'ailleurs remarquer que la communauté la moins hygrophile, la mégaphorbiaie à *Filipendula ulmaria*, est aussi l'habitat avec la part d'humine la plus basse. Une diminution significative du pourcentage d'humine traduit une accentuation des fluctuations piézométriques et notamment des périodes d'exondation, que ce soit en termes de

durée et/ou d'ampleur. Ce type d'évolution peut être particulièrement dommageable pour une zone humide puisqu'elle entraîne généralement une minéralisation de la matière organique et donc une augmentation des nutriments disponibles, pouvant aboutir à des modifications importantes de l'habitat et/ou de l'écosystème. Il faut cependant prendre en compte la dynamique successionale du site, qui sur le long terme, peut amener à une déconnexion progressive de la nappe du fait de l'accumulation de la matière organique. Dans ce cas l'indicateur diminuera, mais de manière très lente. A l'inverse, une augmentation significative de cet indicateur peut s'interpréter comme une baisse des fluctuations piézométriques. Si le temps nécessaire à la modification des substances humiques, suite à des changements hydrologiques, n'est pas encore connu, cet indicateur est peu sensible aux variations hydrologiques interannuelles et traduit des processus de moyen et long terme.



## Clés d'interprétation de la note indicatrice (Suite)

### AH/AF

Ce ratio informe sur les conditions globales de dégradation de la matière organique : température, oxygénation, pH, caractère plus ou moins réfractaire du végétal qui compose la matière organique. Les valeurs les plus basses de ce ratio se rencontrent dans les milieux aquatiques où les conditions physico-chimiques sont globalement et relativement favorables à la minéralisation de la matière organique (pH neutre ou basique, matière organique peu réfractaire, produite en quantité plus faible donc facilement dégradable...). A l'opposé, les ratios les plus élevés correspondent à des écosystèmes où les conditions sont très défavorables à la minéralisation, donc favorables à l'accumulation de la matière organique. Le rapport entre acides humiques et acides fulviques discrimine clairement les écosystèmes aquatiques des autres zones humides, mais pas les prairies humides des tourbières et marais. Les sols acides ont en moyenne un ratio AH/AF plus élevé que les sols neutres ou basiques. Une diminution significative du ratio AH/AF traduit des conditions de dégradation de la matière organique plus favorables, ce qui risque d'augmenter la minéralisation et donc la quantité de nutriments disponibles. Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de la diminution de cet indicateur, notamment la température.

En effet, l'augmentation des températures moyennes risque d'affecter de manière notable l'évolution de la matière organique dans les zones humides en favorisant sa minéralisation. L'augmentation du niveau trophique ayant tendance à augmenter la dégradabilité des végétaux, le ratio AH/AF pourrait diminuer du fait d'un enrichissement du milieu. De manière générale, la diminution significative de cet indicateur est défavorable à la conservation de l'habitat et/ou de la zone humide.

Une augmentation significative de l'indicateur AH/AF peut s'expliquer soit par une diminution importante de l'oxygénation du sol (baisse des apports phréatiques, diminution de la vitesse d'écoulement...), soit par une acidification d'origine naturelle ou anthropique.

Une évolution (augmentation ou diminution) est considérée comme significative si d'une part, elle est observée en continu sur plusieurs années avec au moins 3 valeurs consécutives. La variation interannuelle des deux indicateurs basés sur les substances humiques n'ayant pas été mesurée, aucun seuil ne peut être donné. Il est cependant préconisé de ne pas considérer comme significative une variation inférieure à 10%. Il est important de rappeler que la réaction des deux indicateurs à des modifications environnementales se fait à moyen et long terme, et en aucun cas à court terme.

### Exemples de valeurs observées par habitat

Code CORINE	Habitat CORINE Biotopes	HU (%)	AH/AF
37.1	Mégaphorbiaie à <i>Filipendula ulmaria</i>	58,5 ± 13,7	2,31 ± 2,17
37.312	Prairie acide à Molinie ( <i>Molinia caerulea</i> )	60,0 ± 16,1	3,64 ± 1,23
37.22	Prairie à <i>Juncus acutiflorus</i>	62,6 ± 21,5	2,72 ± 1,25
37.311	Prairie calcaire à Molinie ( <i>Molinia caerulea</i> )	65,3 ± 18,1	2,97 ± 2,22
	<b>Prairies humides et mégaphorbiaies</b>	<b>56,4 ± 17,7</b>	<b>2,86 ± 1,78</b>
53.11	Phragmitaie ( <i>Phragmites australis</i> )	54,1 ± 24,5	1,84 ± 1,80
54.51	Pelouse à <i>Carex lasiocarpa</i>	80,9 ± 13,5	3,21 ± 0,95
54.21	Bas-marais alcalin à <i>Schoenus nigricans</i>	81,8 ± 12,2	1,55 ± 1,35
51 x 54.5	Tourbière haute et de transition ( <i>Sphagnum sp.</i> )	82,5 ± 16,6	3,32 ± 1,56
53.3	Cladiaie ( <i>Cladium mariscus</i> )	86,2 ± 12,0	2,39 ± 1,34
	<b>Tourbières et marais (hors Phragmitaies)</b>	<b>79,9 ± 13,4</b>	<b>5,60 ± 1,47</b>

Valeurs moyennes (± écart type) des indicateurs basés sur les substances humiques pour chacun des 14 habitats CORINE Biotopes et pour les trois grandes catégories d'habitat CORINE Biotopes.

**Clés d'interprétation de la note indicatrice (Suite)**

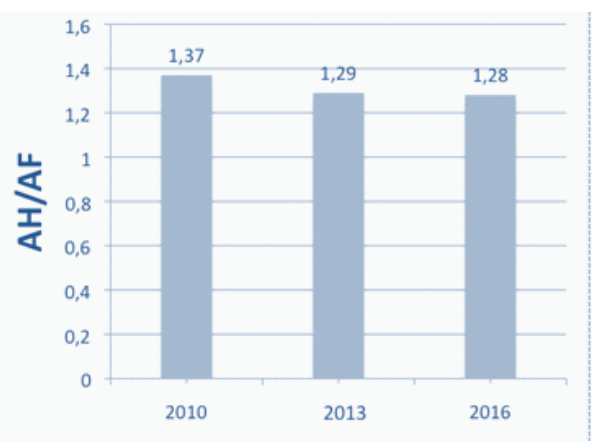
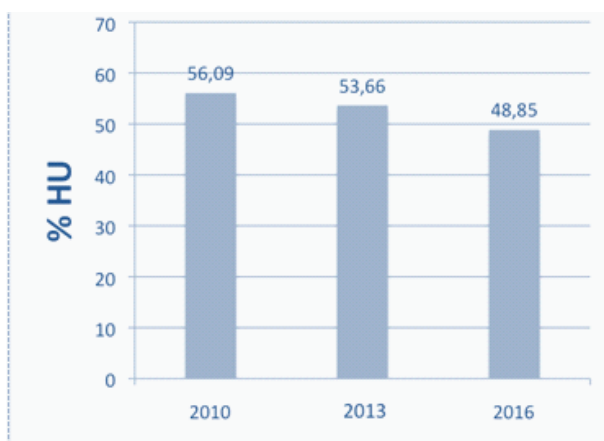
**Exemples de valeurs observées par habitat (Suite)**

Code CORINE	Habitat CORINE Biotopes	HU (%)	AH/AF
24.44	Végétation aquatique eutrophe à grands potamots (eg. <i>Potamogeton nodosus</i> , <i>P. pectinatus</i> ...)	89,3 ± 14,4	0,34 ± 0,34
22.4311	Tapis de Nénuphars ( <i>Nuphar sp.</i> )	90,8 ± 3,7	0,59 ± 0,46
24.43	Végétation aquatique mésotrophe (eg. <i>Berula erecta</i> , <i>Groenlandia densa</i> ...)	92,5 ± 14,7	0,49 ± 0,31
22.44	Tapis de Characées ( <i>Chara sp.</i> )	93,8 ± 1,8	0,43 ± 0,22
24.42	Végétation aquatique à <i>Potamogeton coloratus</i>	93,9 ± 5,3	0,66 ± 0,49
Milieux aquatiques / Végétation aquatique		89,2 ± 10,8	0,50 ± 0,36

**Exemple d'application**

Un suivi de la mégaphorbiaie à Reine des prés (*Filipendula ulmaria*) située dans le marais de Chirens (Isère) a été simulé pour illustrer l'utilisation des substances humiques comme indicateur. Seules les données de 2010 correspondent à des valeurs réellement mesurées. Dans cet exemple, il a été

choisi de réaliser un unique prélèvement de sol (sur les 3 mêmes placettes) tous les 3 ans. Un suivi tous les 5 ans aurait été également tout à fait pertinent puisque les substances humiques traduisent des processus fonctionnels lents.



Les résultats obtenus montrent une baisse significative de la part d'humine (%HU) puisque la baisse est continue sur les 3 dates et supérieure à 10%. Par contre, bien que le ratio acides humiques sur acides fulviques (AH/AF) montre une légère tendance à la baisse elle ne peut, pour l'instant, être considérée comme significative. Ces résultats traduisent une modification du fonctionnement hydrologique avec une accentuation des assecs sur cet habitat que ce soit en terme d'intensité et/

ou de durée. Ce qui aboutira à moyen terme au remplacement de cette communauté végétale par une autre moins hygrophile, puis si la tendance se confirme et s'accroît, à la disparition du caractère humide de ce secteur du marais. Le suivi des principaux habitats Corine Biotopes du marais de Chirens permettrait de savoir si les modifications hydrologiques mises en évidence sur la communauté à Reine des prés concernent, ou non, l'ensemble de la zone humide.

**Bibliographie**

GRASSET C., RODRIGUEZ C., DELOLME C. & BORNETTE G., in prep., Are soil humic substances functional indicators of wetlands ?





Id. \_\_\_\_ Nom \_\_\_\_\_

Date \_\_/\_\_/\_\_\_\_ Observateur \_\_\_\_\_

**CONTEXTE DU SONDAGE**

N° du relevé floristique : \_\_\_\_\_

Conditions d'observation  
 - type de temps :  ensoleillé  variable  
 précipitations

- ambiance :  humide  sèche  froide  chaude

1 - Type d'observation  fosse pédologique  tarière

2 - Nappe  non visible  observable dans la fosse  
 profondeur : \_\_\_\_\_ cm

3 - Cause de l'arrêt \_\_\_\_\_

**DESCRIPTION PEDOLOGIQUE**

N°	Caractéristiques de l'horizon										Hydromorphie				Propriétés			
	Limites	Couleur	Texture	Structure	Éléments grossiers	Racines	Taches	Abondance	Taille	Forme	Humidité	Compacité	Plasticité	Adhésivité	Friabilité	Altération de la M.O.	Q Von-Post	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

**A Limites**  
 1 régulière  
 2 ondulée  
 3 irrégulière  
 4 interrompue

**B Couleur**  
 voir code de la charte Munsell

**C Texture**  
 1 organique  
 2 sableuse  
 3 limoneuse  
 4 argileuse

**D Structure**  
 1 particulaire  
 2 grumeleuse  
 3 grenue  
 4 massive  
 5 lamellaire  
 6 prismatique  
 7 en colonnes  
 8 polyédrique  
 9 blocs cubique  
 10 en fuseaux  
 11 fibreuse  
 12 feuilletée  
 13 lithologique

**pas ou peu cohérent**  
 1 - particules libres  
 2 - arrondies, poreux, surfaces irrégulières  
 3 - grains arrondis, peu poreux, sans orientation

**E Éléments grossiers**  
 1 sans  
 2 Graviers < 2cm  
 3 Cailloux 2 à 6cm  
 4 Pierres et blocs > 6cm

**F Racines**  
 1 sans  
 2 < 8/dm<sup>2</sup>  
 3 8 à 32 / dm<sup>2</sup>  
 4 > 32 /dm<sup>2</sup>

**G Taches**  
 1 sans  
 2 oxydation  
 3 réduction

**H Abondance**  
 1 < 5%  
 2 5 à 15%  
 3 15 à 40%  
 4 > 40%

**I Taille**  
 1 > 2 mm  
 2 2 à 6 mm  
 3 6 à 20 mm  
 4 > 20 mm

**J Forme**  
 1 irrégulières  
 2 arrondis  
 3 traînées horizontales  
 4 traînées verticales

**K Humidité**  
 1 sec  
 2 frais  
 3 humide  
 4 saturé

**L Compacité (couteau)**  
 1 pénètre sans effort  
 2 avec effort  
 3 incomplètement  
 4 pas ou de quelques mm

**M Plasticité (boudin)**  
 1 impossible de le former  
 2 se brise sous son poids  
 3 sous faible déformation  
 4 ne rompt pas

**N Adhésivité (pouce/index)**  
 1 non collant  
 2 colle sans adhérer  
 3 adhère aux doigts  
 4 s'étire nettement

**O Friabilité (pouce/index)**  
 1 ne s'effrite pas  
 2 sous forte pression  
 3 s'effrite facilement  
 4 très légère pression

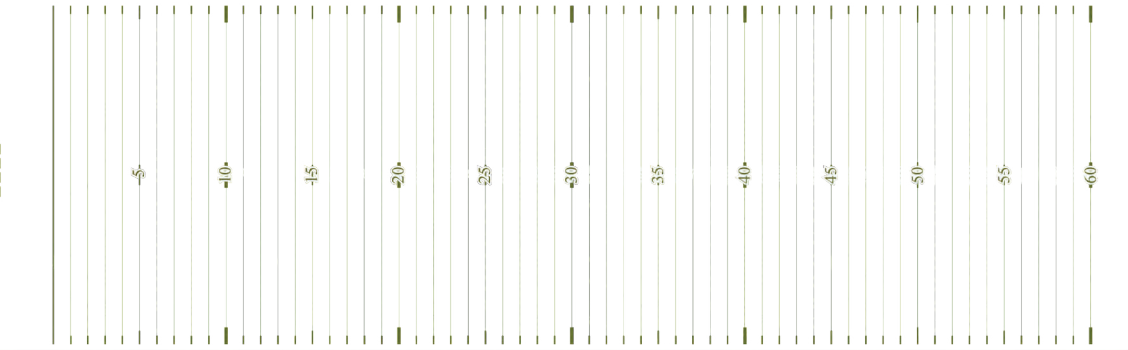
**P Altération de la M.O**  
 1 végétaux identifiables  
 2 identifiables avec traces de décomposition  
 3 peu d'organes végétaux identifiables  
 4 non identifiable

**Q Von-Post**  
 H1 eau limpide  
 H2 eau peu colorée  
 H3 eau trouble pâle  
 H4 eau trouble foncée  
 H5 eau trouble et particules  
 H6 1/3 du matériel passe entre les doigts  
 H7 1/2 du matériel passe entre les doigts  
 H8 2/3 du matériel passe entre les doigts  
 H9 Presque tout le matériel  
 H10 Tout le matériel

N° du sondage : \_\_\_\_\_

**CROQUIS DU PROFIL**

profondeur du sondage à la barre : \_\_\_\_\_ cm



## SITE

Id. \_\_\_\_\_ Nom \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Observateur \_\_\_\_\_

Remarques diverses \_\_\_\_\_

## POINT D'OBSERVATION

Altitude ----- m  
 Coordonnées X = -----  
 Y = -----

## RELEVÉ FLORISTIQUE

N° de relevé \_\_\_\_\_  
 Surface du relevé (m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_  
 Relevé emboîté  
 N° du relevé de taille supérieure \_\_\_\_\_  
 Durée d'observation \_\_\_\_\_

1 - Situation  terrain plat  en pente  forte  
 N  NW  W  SW  S  SE  NE  E

Espèce et sous-espèce	Cocher et récolte (A, a, sa) (de + à 5)		Strate (h, m)	Abond. (de + à 5)
	Cocher et récolte	Cocher et récolte		
01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
05	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
06	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
07	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
08	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
09	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Structure de la végétation	Recouvrement (%)		Hauteur (m)
Strate arborée (A)			
arborescente (a)			
sous-arborescente (sa)			
herbacée (h)			
muscinale (m)			

Physionomie (cocher)			
<input type="checkbox"/> AL	<input type="checkbox"/> BM	<input type="checkbox"/> LA	<input type="checkbox"/> BFH
<input type="checkbox"/> AQ	<input type="checkbox"/> HM	<input type="checkbox"/> FU	<input type="checkbox"/> BCH
<input type="checkbox"/> EC	<input type="checkbox"/> GH		
<input type="checkbox"/> EX	<input type="checkbox"/> MC		
<input type="checkbox"/> FO	<input type="checkbox"/> PH		
<input type="checkbox"/> RB	<input type="checkbox"/> MG		
	<input type="checkbox"/> CN		
placette (2 x 2)	(4 x 4)	(7 x 7)	(15 x 15)
surface 4	16	49	225

Description du milieu (en français) \_\_\_\_\_

## N° de transect :

localiser les relevés et sondages pédologiques  
 noter la distance entre les  
 différents habitats et les codes CB

Début X = \_\_\_\_\_  
 Y = \_\_\_\_\_



Fin X = \_\_\_\_\_  
 Y = \_\_\_\_\_

échelle : \_\_\_\_\_



## Flore

## Rhôméo