CORSICA SOLE
PRODUIRE, STOCKER, REINVENTER L'ENERGIE

ekos
ingénierie environnementale



Mémoire en réponse à la demande de compléments de la DDT21

CORSICA SOLE
PRODUIRE, STOCKER, REINVENTER L'ENERGIE

Corsica Sole

56-61 bis rue Pernety

75 014 PARIS

Projet : Parc solaire agrivoltaïque BFC3 à Thenissey (21)

Document n° AFF2024_045

MASE
OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE N° 16 10 3353

Agence Méditerranée (siège) :
290 avenue de Galilée
Bâtiment G
13290 AIX-EN-PROVENCE

www.ekos.fr
ekos ingénierie environnementale

SIRET : 47911974500087
Code APE 7112B
RCS : 479 119 745

IDENTIFICATION			MAITRISE DES DOCUMENTS	
N° Affaire	Révision du document	Motif de la révision	Date de diffusion	Utilisation
AFF2024_045	0	-	26/02/2024	Restreinte
AFF2024_045	1	Prise en compte des remarques de Corsica Sole	01/03/2024	Diffusion à la DDT21
AFF2024_045	2	Prise en compte des remarques de Corsica Sole	29/03/2024	Diffusion à la DDT21

DIFFUSION DU DOCUMENT DÉFINITIF	
Nombre de pages (hors annexes) :	15
Nombre d'annexe(s) :	1

INTERVENANTS EKOS	
Personnel	**Qualité**
Amandine PENEY	Directrice des opérations Supervision et relecture
Claire RAVIART	Chargée d'affaires Rédaction / Relecture
Robin TRINITE	Chargé d'études Rédaction / Relecture
AUTRES INTERVENANTS	
Nom	**Qualité**
A.T.M.O	Sondages pédologiques

Table des Matières

I. PREAMBULE 4

II. REPONSES AUX REMARQUES DU SERVICE DE L'EAU ET DES RISQUES DE LA DDT 5

II.1 GESTION DES EAUX PLUVIALES ET NOMENCLATURE LOI SUR L'EAU 5

II.2 ZONES HUMIDES 13

III. ANNEXE : ETUDE PEDOLOGIQUE DES ZONES HUMIDES – A.T.M.O 15

Table des illustrations

Figure 1. Topographie des deux sites projet (source : Corsica Sole) 6

Figure 2. Schéma du comportement des écoulements des eaux pluviales sur les panneaux photovoltaïques 8

Figure 3. Cartographie des sondages pédologiques du 29/01/2024 et leur classe d'hydromorphie associée (source : A.T.M.O) 14

Liste des tableaux

Tableau 1. Coefficients de ruissellement définis en fonction de l'utilisation du sol, du relief et de la nature du sol (source : DDAF de l'Indre-et-Loire, Gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagements, décembre 2008 / BOURRIER, 1997 modifié) 9

Tableau 2. Superficies projet en fonction de l'occupation future des sols 10

Tableau 3. Estimation des coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation du site projet Nord (Thenissey I) avant et après installation du projet photovoltaïque 10

Tableau 4. Estimation des coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation du site projet Sud (Thenissey II) avant et après installation du projet photovoltaïque 11

Tableau 5. Conditions pluviométriques des jours précédant l'intervention d'A.T.M.O (source : A.T.M.O) 13

I. PREAMBULE

En date du 12 décembre 2023, Corsica Sole a déposé une demande de permis de construire pour un projet de construction d'une centrale solaire agrivoltaïque sur le lieu-dit Sud Darèze (site nommé BFC3) sur la commune de Thenissey (21).

En date du 12 janvier 2024, la Direction Département des Territoires de Côte-d'Or (DDT) – Services de l'Eau et des Risques - a adressé par courrier une demande de compléments de l'étude d'impact, à apporter sous un délai de 3 mois.

Le présent mémoire rassemble et décrit les compléments apportés à l'étude d'impact déposée en décembre 2023.

Le présent document vise à répondre aux remarques de la Direction Départementale des Territoire de Côte d'Or dans le cadre de l'instruction du permis de construire du projet de construction de la centrale solaire agrivoltaïque sur le site BFC3 de Thenissey (21).

II. REPONSES AUX REMARQUES DU SERVICE DE L'EAU ET DES RISQUES DE LA DDT

II.1 GESTION DES EAUX PLUVIALES ET NOMENCLATURE LOI SUR L'EAU

La DDT21 exprime la demande suivante :

La gestion des eaux pluviales n'est pas explicitée dans le dossier de l'étude d'impact. Les rejets d'eaux pluviales sont abordés principalement dans le paragraphe « 3.1.2. Loi sur l'eau » (page 21). D'après le maître d'ouvrage son projet n'est pas de nature à perturber les écoulements des eaux pluviales puisqu'il ne produits pas de surface imperméabilisée suffisante susceptible de collecter et de concentrer des eaux pluviales du site et de son bassin naturel. Or, la surface à prendre en compte pour la lecture de la rubrique 2.1.5.0 est la surface totale du projet augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet. Par ailleurs, vous précisez que le guide ministériel relatif à l'instruction des demandes d'autorisation d'urbanisme pour les centrales solaires au sol de 2020, les projets de centrale solaire au sol ne sont, sauf terrain d'implantation très spécifique, pas concernés par la nomenclature « loi sur l'eau » et les procédures d'autorisation ou déclaration associées. Cependant, ce même guide précise dans le même encart « qu'il est de votre responsabilité de prendre en compte, via l'étude d'impact, les conséquences des travaux et de l'installation sur la ressource en eau ainsi que les mesures « ERC » nécessaires pour y remédier ». Il n'est en aucun cas démontré dans l'étude d'impact que le parc photovoltaïque n'aura aucune incidence sur les rejets des eaux pluviales.

Ce projet de centrale photovoltaïque au sol, en 2 parties, aura une surface cumulée de 24,3 ha. Cette surface, indique que ce projet est potentiellement soumis à autorisation environnementale au titre de la rubrique 2.1.5.0.. Il est donc attendu que vous analysez la gestion des eaux pluviales dans l'étude d'impact et qu'il évalue l'incidence des aménagements. Les calculs attendus détailleront les coefficients de ruissellement des terrains avant aménagement puis ceux après aménagement, notamment, le changement de type de couverture, les pistes, les plateformes et les panneaux photovoltaïques. Ces calculs devront évaluer le coefficient de ruissellement global après aménagement des sites en prenant en compte les pentes réelles du terrain. La pluie de référence à prendre en compte pour les calculs est une pluie d'occurrence trentennale.

Si les aménagements conduisent à une augmentation significative des rejets d'eaux pluviales, alors, vous devrez déposer un dossier d'autorisation environnementale auprès du guichet unique de la police de l'eau. Vous devrez télécharger sur le site internet « entreprendre.services-publics.fr » https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/R57779. Cette procédure est indépendante de l'instruction du permis de construire, elle est menée au titre du Code de l'environnement. Néanmoins, l'étude d'impact sera identique à celle de la procédure du permis de construire.

Les incidences du projet sur les écoulements sont évaluées dans la *PARTIE 5 – 3.4 Incidences et mesures sur les eaux superficielles*. Ces incidences sont rappelées et précisées ci-après.

1. Influence du projet sur la topographie du site :

La topographie initiale du site est de type vallonnée pour le site Nord – Thenissey I, et d'avantage plat/peu pentu pour le site Sud – Thenissey II :

Phase travaux : Aucun terrassement n'est prévu. De simples travaux de nivellement pourront avoir lieu pour l'implantation des structures supportant les panneaux et des locaux/postes de transformation et de livraison. Ainsi, la topographie générale des deux sites ne sera pas modifiée. Des zones de rétention très localisées pourront se former lors des travaux, qui s'estomperont avec la végétalisation des sites.

Phase exploitation : L'exploitation de la centrale en elle-même, y compris son entretien, ne sera pas de nature à modifier la topographie générale des sites. Des zones de rétention très localisées pourront se former en début d'exploitation, qui s'estomperont avec la végétalisation des sites.

En phase travaux comme en phase d'exploitation, le projet ne modifiera pas la topographie générale du site. Les panneaux seront implantés en suivant la topographie générale. Les écoulements globaux des eaux pluviales suivront la même pente générale d'écoulement qu'actuellement.

2. Influence du projet vis-à-vis de l'interception des écoulements et de l'imperméabilisation des sols :

Phase travaux : Il n'y aura pas d'interception volontaire des eaux pluviales s'écoulant sur les sites ou de rejet volontaire d'eaux pluviales dans le milieu naturel. En effet, le chantier ne sera pas source directe d'imperméabilisation nouvelle.

Phase exploitation : L'implantation d'un parc photovoltaïque est susceptible de générer des circulations préférentielles entraînant une modification des écoulements des eaux météoriques. Ces modifications sont susceptibles d'avoir lieu :

- Au droit des panneaux : en cas de pluie, les eaux météoriques ruisselleront sur les panneaux, intercepteront le sol et seront susceptible de ponctuellement surcreuser le sol au point d'impact ;
- Au niveau des pistes d'accès : en cas de pluie, les eaux météoriques s'infiltreront car les pistes ne seront pas imperméabilisées. Toutefois, celles-ci pourront être compactées sous l'effet de la circulation des engins et véhicules, entrainant un perméabilité moindre des sols aux eaux de pluie ;
- Au niveau des zones imperméabilisées : les locaux techniques, postes et points d'ancrage des panneaux seront des espaces de non-infiltration des eaux de pluie. L'imperméabilisation était estimée à 212,5 m² dans l'étude d'impact au stade d'Avant-Projet. Au stade PRO, à présent disponible, la surface totale imperméabilisée est estimée à 620,25 m².

	Nombre	Surface unitaire (m²)	Surface totale (m²)
Poste de transformation	6	22.75	136.5
Poste de livraison	2	22.75	45.5
Local technique	2	15.25	30.5
Fondations en pieux battus	10 * 831 tables	0.025	207.75
Citerne souple	2	100	200
Surface totale imperméabilisée			620.25 m²

Notons que le projet ne sera pas de nature à modifier les écoulements superficiels et l'infiltration générale des eaux puisque :

- Les pentes générales du site seront conservées, la structure épousera les courbes globales du terrain naturel ;
- L'inclinaison des panneaux et leur espacement permettront une restitution des eaux météoriques sur le sol même du site, qui s'infiltreront dans le sol : la structure des tables est telle que les précipitations peuvent s'écouler vers le sol par les espaces situés entre les panneaux (espacées de quelques centimètres) et entre les rangées de tables (9 m entre chaque rangée), limitant significativement l'imperméabilisation des structures et répartissant l'écoulement des eaux pluviales. D'un point de vue quantitatif, l'infiltration totale des eaux pluviales sera donc similaire à la situation initiale d'avant-projet ;

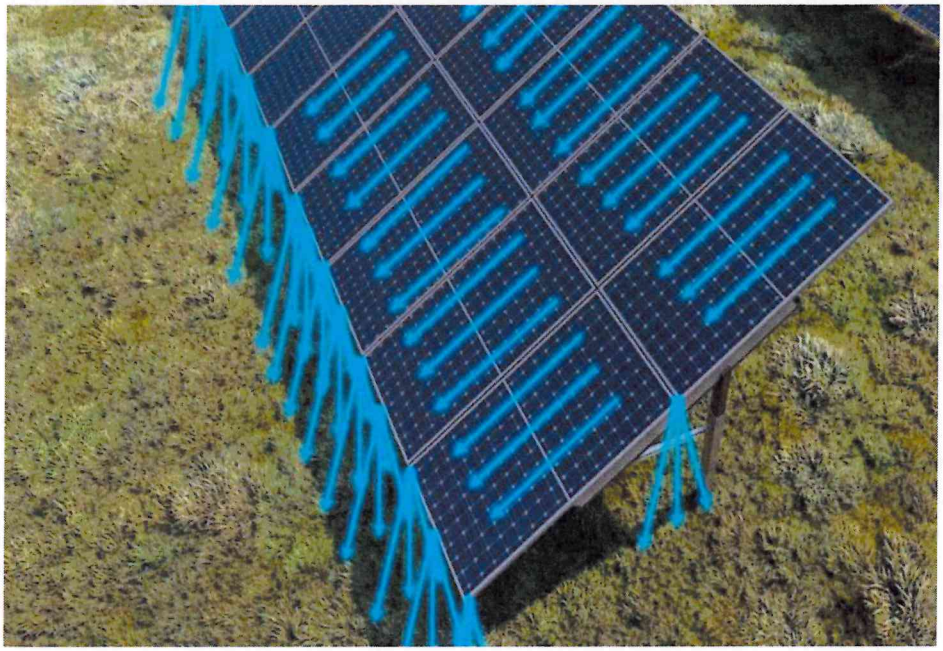


Figure 2. Schéma du comportement des écoulements des eaux pluviales sur les panneaux photovoltaïques

- L'imperméabilisation sera très faible (environ 620,25 m², soit moins de 1% de la surface totale), limitant ainsi le ruissellement sur les sites.

Globalement, à l'échelle du bassin versant, le projet ne modifiera pas de manière notable des conditions d'évacuation et d'infiltration des eaux pluviales au droit des deux sites. L'interception des écoulements par le projet est considérée comme se faisant uniquement au niveau des surfaces imperméabilisées, soit sur une superficie totale de 620,25 m². Cette superficie est donc inférieure à 1 ha de surface interceptée. Le projet n'est donc pas soumis à la Loi sur l'Eau au titre de la rubrique 2.1.5.0.

3. Influence du projet sur le coefficient de ruissellement du sol :

La zone de projet est actuellement occupée principalement par des prairies temporaires pâturées. En phase exploitation de la centrale agrivoltaïque, le sol sera de nouveau semé et le site aura une double activité pâturage équin -production solaire.

L'objectif est ici de comparer l'évolution des ruissellements sur le site du projet avant et après implantation du parc solaire. Les calculs sont donc réalisés à l'échelle de la zone d'étude, ou aire d'étude immédiate, c'est-à-dire la surface délimitée par le périmètre clôturé du projet (24,3 ha au

total répartis sur deux zones d'étude), et non pas à l'échelle du bassin versant, ce qui apparait suffisant pour réaliser une comparaison relative d'un paramètre unique.

Les coefficients de ruissellement considérés, présentés dans le tableau ci-dessous, sont issus du guide technique « gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagements » réalisé par la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) de l'Indre-et-Loire en décembre 2008. Ces coefficients de ruissellement ont été définis en fonction de l'occupation du sol, de la pente du terrain et de la nature des sols. Le coefficient est ici constant quelle que soit l'occurrence de la pluie.

Tableau 1. Coefficients de ruissellement définis en fonction de l'utilisation du sol, du relief et de la nature du sol (source : DDAF de l'Indre-et-Loire, Gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagements, décembre 2008 / BOURRIER, 1997 modifié)

Occupation des sols	Morphologie	Pente (%)	Terrain sableux à crayeux	Terrain limoneux à argileux	Terrain argileux compact
Bois	Plat	< 1	0,01	0,01	0,06
	Moyen	1 à 5	0,03	0,10	0,15
	Ondulé	> 5	0,05	0,15	0,20
Pâturage	Plat	< 1	0,02	0,05	0,10
	Moyen	1 à 5	0,08	0,15	0,20
	Ondulé	> 5	0,10	0,28	0,30
Culture	Plat	< 1	0,05	0,10	0,15
	Moyen	1 à 5	0,12	0,25	0,35
	Ondulé	> 5	0,15	0,35	0,45

Les terrains au droit des deux sites d'étude sont de type Calcosols d'après le diagnostic pédologique complémentaire réalisé par le bureau d'études A.T.M.O, disponible en fin de ce document. Le sol est donc composé majoritairement de graviers, cailloux et pierres calcaires. Les sols entrent alors dans la catégorie « terrain sableux à crayeux » du tableau des coefficients de ruissellement de BOURRIER ci-dessus.

D'après les informations disponibles sur la topographie des deux sites d'études :

- Le site Nord (Thenissey I) a une topographie vallonnée avec des pentes pouvant être supérieures à 5%. Est alors considéré un coefficient de ruissellement pour une pente > 5%, sur un site de morphologie « ondulée ». Le site étant occupé soit par des prairies de pâture soit par des cultures annuelles, le coefficient de ruissellement choisi est une moyenne entre un site tout en pâturage ou tout en culture : 0,125.
- Le site Sud (Thenissey II) a une topographie plus plane, moins marquée, comprise entre 1 et 5%. Le site étant occupé soit par des prairies de pâture soit par des cultures annuelles, le coefficient de ruissellement choisi est une moyenne entre un site tout en pâturage ou tout en culture : 0,10.

Le tableau ci-après détaille les superficies du projet par type d'usage futur.

Tableau 2. Superficies projet en fonction de l'occupation future des sols

	Projet Nord – Thenissey I		Projet Sud – Thenissey II	
	Surface	Pourcentage de la surface totale	Surface	Pourcentage de la surface totale
Espaces verts avec panneaux (ou surface projetée des panneaux sur site)	3,85 ha	30,8%	3,66 ha	31%
Espaces verts sans panneaux	7,275 ha	58,2%	6,797 ha	57,6%
Zones de circulation (graviers)	0,905 ha	7,25%	0,876 ha	7,4%
Locaux, postes, citerne	0,019 ha	0,15%	0,019 ha	0,1%
Haie bocagère	0,451 ha	3,6%	0,448 ha	3,8%
TOTAL	12,5 ha	100%	11,8 ha	100%

Les tableaux ci-après indiquent l'estimation de l'évolution du coefficient de ruissellement avant et après implantation de la centrale solaire BFC3 de Thenissey.

Tableau 3. Estimation des coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation du site projet Nord (Thenissey I) avant et après installation du projet photovoltaïque

Projet Nord – Thenissey I Pente moyenne du site : >5% / morphologie ondulée				
Occupation du sol	Avant implantation		Après implantation	
	% surface du site	Estimation du coefficient de ruissellement	% surface du site	Estimation du coefficient de ruissellement
Espaces verts avec panneaux[1]			30,8%	0,13
Espaces verts sans panneaux[2]	100%	0,125	58,2%	0,10
Zones de circulation (graviers)			7,25%	0,5

[1] Le coefficient de ruissellement des espaces verts avec panneaux est légèrement supérieur au coefficient de ruissellement sans panneaux afin de prendre en compte l'imperméabilisation liées aux structures des panneaux. Autrement, le côté perméable des sols sous les panneaux sera similaire à celle avant l'installation des panneaux puisque les travaux y resteront limités (pas de terrassement). La capacité de rétention sera conservée.

[2] Le ruissellement au droit des espaces verts sans panneaux est considéré comme plus faible après implantation du parc au bout de quelques années d'implantation, puisque la zone ne sera plus perturbée ou tassée par le passage d'engins agricoles (actuellement utilisés pour les grandes cultures).

Locaux, postes, citerne			0,15%	1
Haie bocagère			3,6%	0,1
Coefficient de ruissellement moyen à l'échelle de la zone d'étude	**0,125**		**0,139**	

Tableau 4. Estimation des coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation du site projet Sud (Thenissey II) avant et après installation du projet photovoltaïque

Projet Sud – Thenissey II Pente moyenne du site : entre 1 et 5% / morphologie moyenne				
Occupation du sol	Avant implantation		Après implantation	
	% surface du site	Estimation du coefficient de ruissellement	% surface du site	Estimation du coefficient de ruissellement
Espaces verts avec panneaux			31%	0,105
Espaces verts sans panneaux	100%	0,10	57,6%	0,08
Zones de circulation (graviers)			7,4%	0,5
Locaux, postes, citerne			0,1%	1
Haie bocagère			3,8%	0,1
Coefficient de ruissellement moyen à l'échelle de la zone d'étude	**0,10**		**0,12**	

L'augmentation du coefficient de ruissellement après mise en place du projet est de 11,2% pour Thenissey I et de 20% pour Thenissey II. Cette variation reste faible au regard de la nature du projet.

4. Conclusion :

La gestion des eaux pluviales en situation projet est abordée en *PARTIE 5 – 3.4 Incidences et mesures sur les eaux superficielles*. Ce paragraphe, complété de la présente note, montre que **le projet n'est pas de nature à modifier de manière globale l'interception et surtout l'infiltration des eaux pluviales** tombant sur les sites. Les seuls écoulements interceptés par le projet sont au droit des **espaces imperméabilisés**, qui sont faibles (<1% de la surface du projet). Il n'apparait pas nécessaire de gérer les eaux pluviales en situation de projet autrement que par infiltration directe dans le sol, majoritairement au pied des panneaux. Les travaux en eux-mêmes ne seront pas non plus source d'interception significative des eaux pluviales.

Un calcul de coefficients de ruissellement en relatif en situation avant/après projet, pour une occurrence quelconque de pluie, montre que le projet modifiera à la marge le ruissellement au droit des deux sites.

Les aménagements projetés **ne conduisent pas à une augmentation significative des rejets des eaux pluviales** ; il ne modifie que de manière localisée via l'imperméabilisation de 620,25 m² et la modification de la réception des eaux (ruissellement sur les panneaux). Ces eaux pluviales continueront à s'infiltrer dans le sol comme en situation actuelle. L'espacement des panneaux et la présence d'une strate herbacée au sol tendront à limiter les vitesses de ruissellement et à favoriser l'infiltration en situation future. **Le projet n'est donc pas soumis à autorisation environnementale ou déclaration au titre de la Loi sur l'Eau pour la rubrique 2.1.5.0**.

II.2 ZONES HUMIDES

La DDT21 exprime la demande suivante :

Concernant la préservation des zones humides, une analyse sur la présence potentielle de zones humides a été réalisée dans l'étude d'impact. Il s'agit d'une analyse des cartes de recensements des zones potentiellement humides présentes sur l'aire d'étude et d'une analyse sur le critère floristique. Ensuite, il a été choisi de ne pas réaliser de sondages pédologiques compte tenu que le substratum soit constitué de roches calcaires. Cependant, sur les 2 implantations, celui situé le plus à l'Ouest repose en grande partie sur un substratum de type marnes d'après la carte géologique de Semur-en-Auxois du BRGM. Bien que les zones calcaires soient peu propices au développement de zones humides une absence totale ne peut pas être exclue. Sur le substratum marneux, la présence de zones humides est potentiellement plus importante. Les terrains sont actuellement exploités en grandes cultures ce qui a pour conséquence d'effacer la présence des espèces floristiques caractéristiques des zones humides. Ainsi, seul le critère pédologique permet d'exclure la présence de zones.

Il est donc attendu que le volet zones humides soit complété dans l'étude d'impact. Des sondages pédologiques sont donc nécessaires pour compléter la première analyse. Les 2 sites d'implantation doivent être investigués. Les plans d'implantations des sondages, les coupes, les photos et les classements GEPPA des sols rencontrés doivent être ajoutés à l'étude d'impact.

Le bureau d'études A.T.M.O a été missionné pour réaliser un diagnostic pédologique afin de compléter l'analyse des milieux humides au droit des parcelles projet. 24 sondages pédologiques ont été réalisés le 29 janvier 2024. La figue 1 ci-après présente la localisation des sondages et leurs classes d'hydromorphie après analyse des prélèvements.

Les conditions pluviométriques des jours précédant l'intervention ont été les suivantes :

Tableau 5. Conditions pluviométriques des jours précédant l'intervention d'A.T.M.O (source : A.T.M.O)

Cumuls pluviométriques	8 jours avant	15 jours avant	1 mois avant	3 mois avant
29/01/2024	9.7 mm	28.8 mm	44.9 mm	188.7 mm

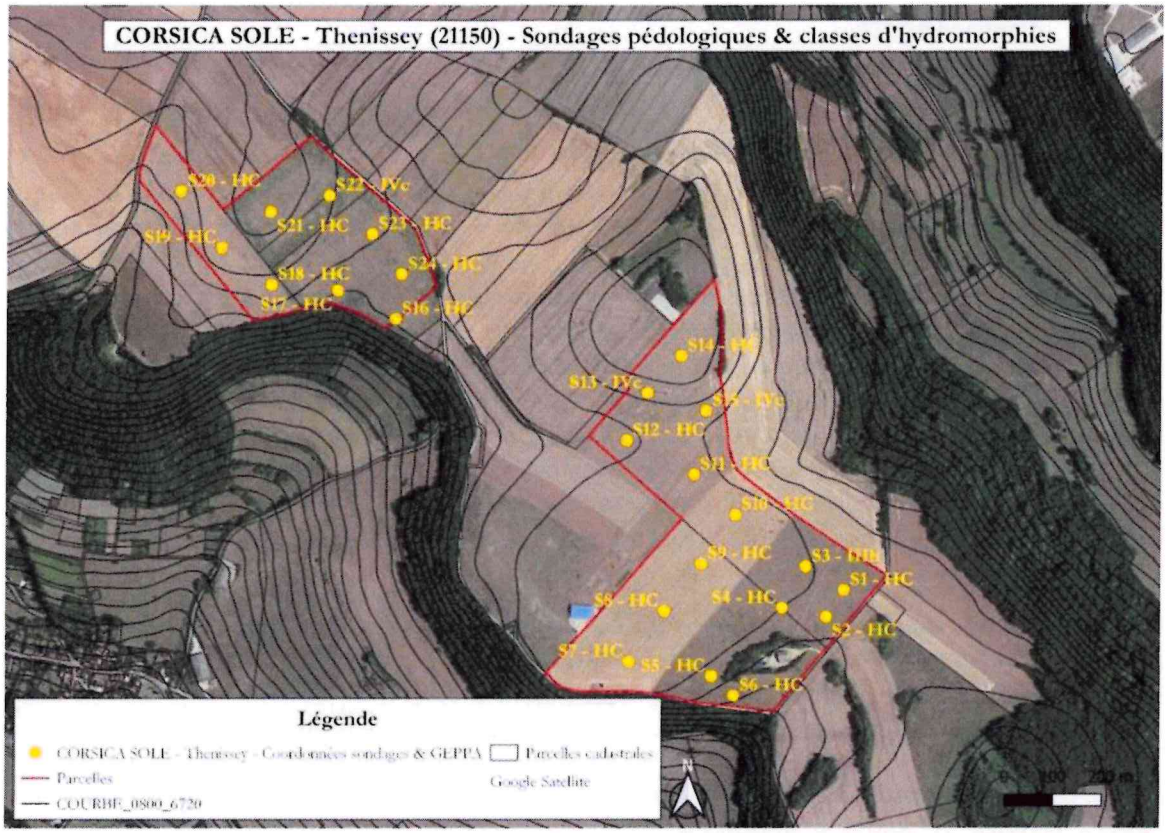


Figure 3. Cartographie des sondages pédologiques du 29/01/2024 et leur classe d'hydromorphie associée (source : A.T.M.O)

L'analyse des sondages pédologiques ont confirmé des sols de type CALCOSOL et l'absence de zone dite humide au titre de l'annexe 1.1 de l'arrêté du 24/06/2008 modifié le 01/10/2009.

Bien que s'agissant de sols essentiellement argileux, la présence de graviers et cailloux calcaires permet de maintenir une macroporosité suffisante pour la percolation des eaux gravitaires en profondeur dans la limite de la présence du socle marneux très peu perméable à une profondeur variable. De plus, eu égard à leurs situations topographiques en partie sommitale ou en haut de versant et la pédogénèse de ces sols, les parcelles disposent d'un drainage naturel imparfait à modéré qui ne favorise pas la présence de sols de zones humides.

Les sols de la zone d'étude ne remplissent aucune fonctions attribuées aux zones humides car ils ne connaissent pas d'engorgement. Les excès d'eau sont exclusivement liés aux précipitations selon leur abondance.

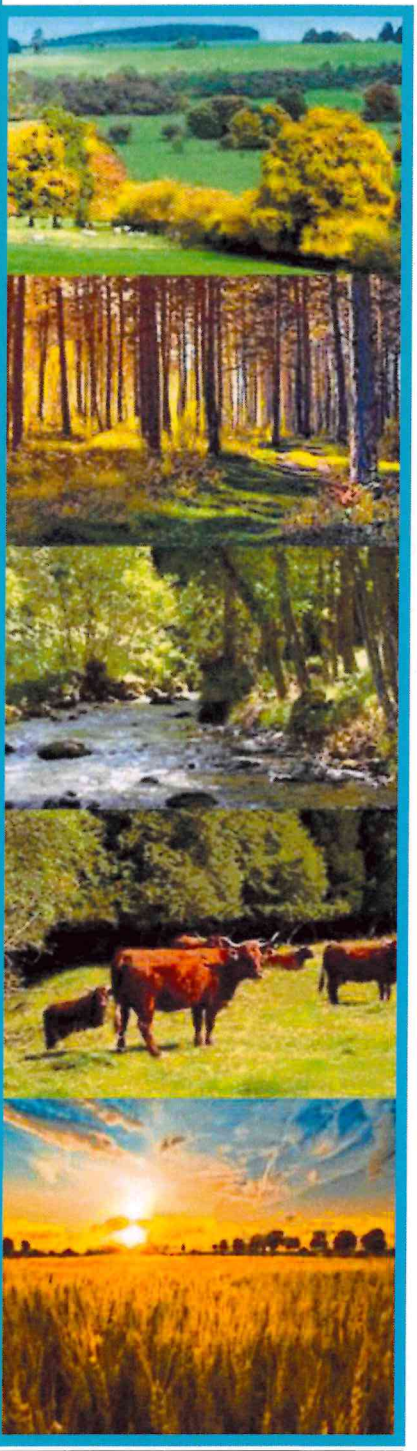
Aucune zone humide n'a donc été diagnostiquée sur les parcelles projet d'après le critère pédologique.

L'étude complète de A.T.M.O est fournie ci-après en annexe.

III. ANNEXE : ETUDE PEDOLOGIQUE DES ZONES HUMIDES – A.T.M.O

RAPPORT D'EXPERTISE

Diagnostic pédologique



OBJET : DIAGNOSTIC PEDOLOGIQUE
« ZONE HUMIDE »

Sur la commune de Thenissey (21150) -
Pour le compte de « Corsica Sole »

Etude réalisée par Monsieur Florent BAUSSAY
Géographe, titulaire d'un Master de Géographie
(Sciences Pour l'Environnement)
Diplôme N° LAROCEL 7900565 - 2008120245
et
Monsieur Noel CHALUMEAU
Détenteur du certificat de formation à l'expertise judiciaire n°3275 - Institut de l'expertise-Paris

Commune : Thenissey (21150)
Section : ZD n° 8 & 10 / ZC n° 25 - 28 à 30



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

A.T.M.O s'est engagé auprès du Ministère de la Transition Ecologique à travers la **Charte d'Engagement des Bureaux d'Etudes dans le domaine de l'évaluation** environnementale

Membre de Association Française pour l'étude du sol

764 Rue des Puisatiers – 71580 BEAUREPAIRE EN BRESSE - Tel : 06.83.33.34.13 – fb@atmo39.fr

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 4
1.1 Le cadre règlementaire 4
1.2 Informations sur le site 5
1.3 Lecture et interprétation du paysage au regard des investigations pédologiques 6
2 LOCALISATION & ENVIRONNEMENT 8
3 ETUDE CARTOGRAPHIQUE 9
3.1.1 La carte géologique 9
3.1.2 Les inventaires « Milieux humides » 10
4 METHODOLOGIE 11
4.1 Le cadre scientifique de référence 11
4.2 La méthode et les choix d'investigations de l'expert 11
4.3 Les conditions météorologiques précédent l'intervention 11
5 EXPERTISE PEDOLOGIQUE 12
5.1 Rappel du contexte réglementaire – Arrêté du 24/06/2008 modifié le 01/10/2009 12
5.2 Les références & les sols de la parcelle 14
5.3 CALCOSOLS argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien 14
6 SYNTHESE DES SONDAGES REALISES 16
7 SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE DES SONDAGES REALISES 18
8 LE CRITERE FLORE 19
9 FONCTIONNALITES DE CES SOLS & MESURES COMPENSATOIRES A ENVISAGER 20
9.1 Les sols de la parcelle au regard des fonctionnalités des zones humides 20
9.2 Mesures compensatoires et incidences du projet agrivoltaïque sur les sols 21
10 CONCLUSION 22
11 LEXIQUE 22
12 ANNEXES 25
12.1 L'hydromorphie 25
12.1.1 La notion d'hydromorphie en pédologie 25
12.1.2 Hydromorphie versus abondance de tâches : 26
12.1.3 Hydromorphie versus difficultés à la reconnaissance et la notation des signes d'hydromorphie : 26
12.1.4 Hydromorphie versus classes d'hydromorphie du GEPPA – 1981 : 27
12.1.5 Hydromorphie versus « nommer un solum et/ou un horizon à traits d'hydromorphie fonctionnels » : 28
12.1.6 Hydromorphie versus engorgement 29
12.2 Les photos 30
12.3 Les limites de l'utilisation d'une tarière 30
12.3.1 Tarière versus utilisation 30

12.3.2 Tarière versus notation de certains critères pédologiques (taches, éléments grossiers ...etc.) 31
12.4 Tolérance pour les critères numériques (Référentiel Pédologique 2008) 31
12.4.1 Tarière versus niveau de précision des critères pédologiques observables 32
12.5 La Charte d'Engagement des bureaux d'études dans le domaine de l'évaluation environnementale.... 33

NB : Pour la bonne compréhension de ce rapport, les termes techniques (*) utilisés sont définis dans le chapitre « 11. LEXIQUE »

AVANT PROPOS

Notre bureau d'études spécialisé en hydrologie, pédologie et hydraulique agricole opère au sein de sa structure pour l'alliance du droit et des sciences de l'Environnement.
Les valeurs et le paradigme d'A.T.M.O, par la réalisation de diagnostics environnementaux, résident dans le respect de la réglementation et des données scientifiques connues.

Parce qu'il présente aujourd'hui un intérêt social majeur, le droit de l'environnement français, élevé au rang constitutionnel, fait l'objet d'une réglementation protectrice de plus en plus importante.
Conscients de la nécessité de répondre collectivement aux enjeux territoriaux pour une protection des zones naturelles d'intérêt (Zones Humides, Natura 2000, Aires de Captage Prioritaires), les professionnels agricoles et les maitres d'ouvrages doivent répondre pertinemment à l'évolution des contraintes réglementaires. A.T.M.O est pour eux, un partenaire privilégié pour leurs expertises et le pilotage de leurs projets.

Notre bureau d'études se propose, d'une part de guider les acteurs pratiquant des aménagements d'hydraulique agricole, vers une méthodologie adaptée aux enjeux du développement durable et, d'autre part, de réaliser des expertises conformes à la réglementation et la jurisprudence en vigueur, grâce à la coordination entre nos juristes et scientifiques.

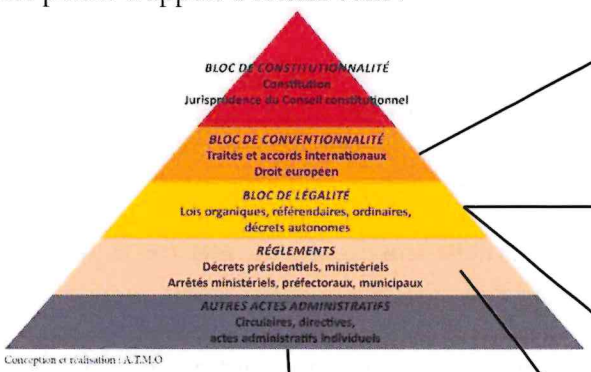
Le Bureau d'Etudes A.T.M.O

1 INTRODUCTION

1.1 Le cadre règlementaire

La réglementation française est régie par la conformité d'un texte règlementaire par rapport au texte qui lui est supérieur. Il s'agit de hiérarchie des normes, matérialisée ici par la pyramide de Kelsen.

Appliquée à la règlementation des sols de zones humides (cf. annexe « Définition juridique des zones humides »), les points d'appuis à retenir sont :



La D.C.E : « ***améliorer*** *la protection des eaux…* ***protéger*** *les écosystèmes aquatiques…* ***les zones humides qui en dépendent directement.*** *La directive a pour objet d'****établir un cadre pour la protection des eaux*** *qui prévienne toute dégradation en ce qui concerne* ***les besoins en eau des zones humides ».***

L211-1 : « *On entend par zone humide les* ***terrains****…habituellement* ***inondés*** *ou* ***gorgés d'eau*** *dont la* ***végétation*** *quand elle existe y* ***est dominée*** *par des* ***plantes hygrophiles ».***

R211-108 : « *Les critères sont relatifs à la* ***morphologie*** *des sols liés à la* ***présence prolongée d'eau*** *d'origine naturelle et à la présence de plantes hygrophiles. La délimitation est effectuée à l'aide des* ***cotes de crue*** *ou de* ***niveau phréatique****…et à la végétation… ».*

Arrêté 2008 modifié 2009 : « *Une zone est considérée* ***humide*** *soit par la* ***morphologie des sols*** *soit par la* ***végétation****. Le* ***périmètre*** *s'appuie soit sur la* ***cote de crue****, soit sur le* ***niveau phréatique****, ou sur le* ***niveau de marée*** *ou* ***la courbe topographique*** *correspondante ».*

Circulaire du 18/01/2010 : *Caractérisation* ***: critères et méthodes relatifs aux sols. Un sondage par secteur homogène.*** *Périmètre : expertise des conditions hydro-géomorphologiques en particulier* ***profondeur maximale du toit de la nappe*** *et* ***durée d'engorgement en eau.***

- La conduite de l'expertise est soumise :

- Aux textes de la DCE, celle-ci vise à **protéger** les **écosystèmes aquatiques** et les **besoins en eau des zones humides** qui en dépendent directement.

- A la loi, où il est stipulé : On entend par zone humide les terrains habituellement **inondés ou gorgés d'eau**[1] dont la végétation quand elle existe y est dominée par des plantes hygrophiles.

- Au règlement qui énonce les **critères à retenir. Critères relatifs à la morphologie des sols** liés à la présence prolongée **d'eau** d'origine naturelle et à la **présence éventuelle de plantes hygrophiles**. Le règlement précise que la **délimitation** des zones humides est effectuée à l'aide des **cotes de crue** ou de **niveau phréatique** ou des fréquences et amplitudes des **marées** pertinentes au regard des critères relatifs à la **morphologie des sols** où à la végétation.

- A l'arrêté. Celui-ci précise : une zone est **considérée humide** soit par la **morphologie des sols** soit par **la végétation.** Le périmètre s'appuie soit sur la **cote de crue**, soit sur le **niveau phréatique**, ou sur le **niveau de marée** ou la courbe topographique correspondante.
Les sondages doivent vérifier la présence d'horizon histiques (tourbeux) ou de traits réductiques débutants à moins de 50 cm ou de traits rédoxiques débutant à moins de 25 cm et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ou de traits rédoxiques débutant à moins de 50 cm, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et de traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 cm.

- A la circulaire, celle-ci complète en livrant les éléments techniques permettant d'identifier les terrains habituellement inondés ou gorgés d'eau, le document précise l'application des critères énoncés par l'arrêté.

Concernant la caractérisation des sols, la circulaire confirme les **critères et méthodes relatifs aux sols** et préconise **un sondage par secteur homogène.** Chaque **sondage** doit être, si possible, d'une profondeur de **1,20 mètre**.
En outre, celle-ci souligne que dans certains contextes particuliers l'excès d'eau prolongée ne se traduit pas les traits d'hydromorphie habituels. Une expertise des conditions hydro-géomorphologiques, (en particulier **profondeur** maximale du toit **de la nappe** et durée **d'engorgement** en eau), **doit** être réalisée pour apprécier la **saturation dans les 50 premiers centimètres**.

- Identification du périmètre de la ZH :

Lorsque ces espaces sont identifiés directement à partir de relevés de terrain, ce contour s'appuie selon le contexte géomorphologique, sur la **cote de crue** ou le niveau de **nappe phréatique** ou de **marée** le plus élevé ou sur la **courbe de niveau** correspondante. La fréquence associée à cette cote de crue ou à ce niveau de nappe ou de marée varie selon les milieux ; il n'y a pas de fréquence type.

Lors de l'examen pédologique l'expert devra observer la profondeur maximale du toit de la nappe phréatique[2] pour apprécier la saturation prolongée par l'eau libre dans les 50 premiers centimètres.

Conformément aux textes réglementaires les traces d'hydromorphies liées à cette eau libre permettent la qualification d'un sol de zone humide, à défaut de traces il est nécessaire d'observer le niveau et la nappe phréatique et la durée de l'engorgement.

1.2 Informations sur le site

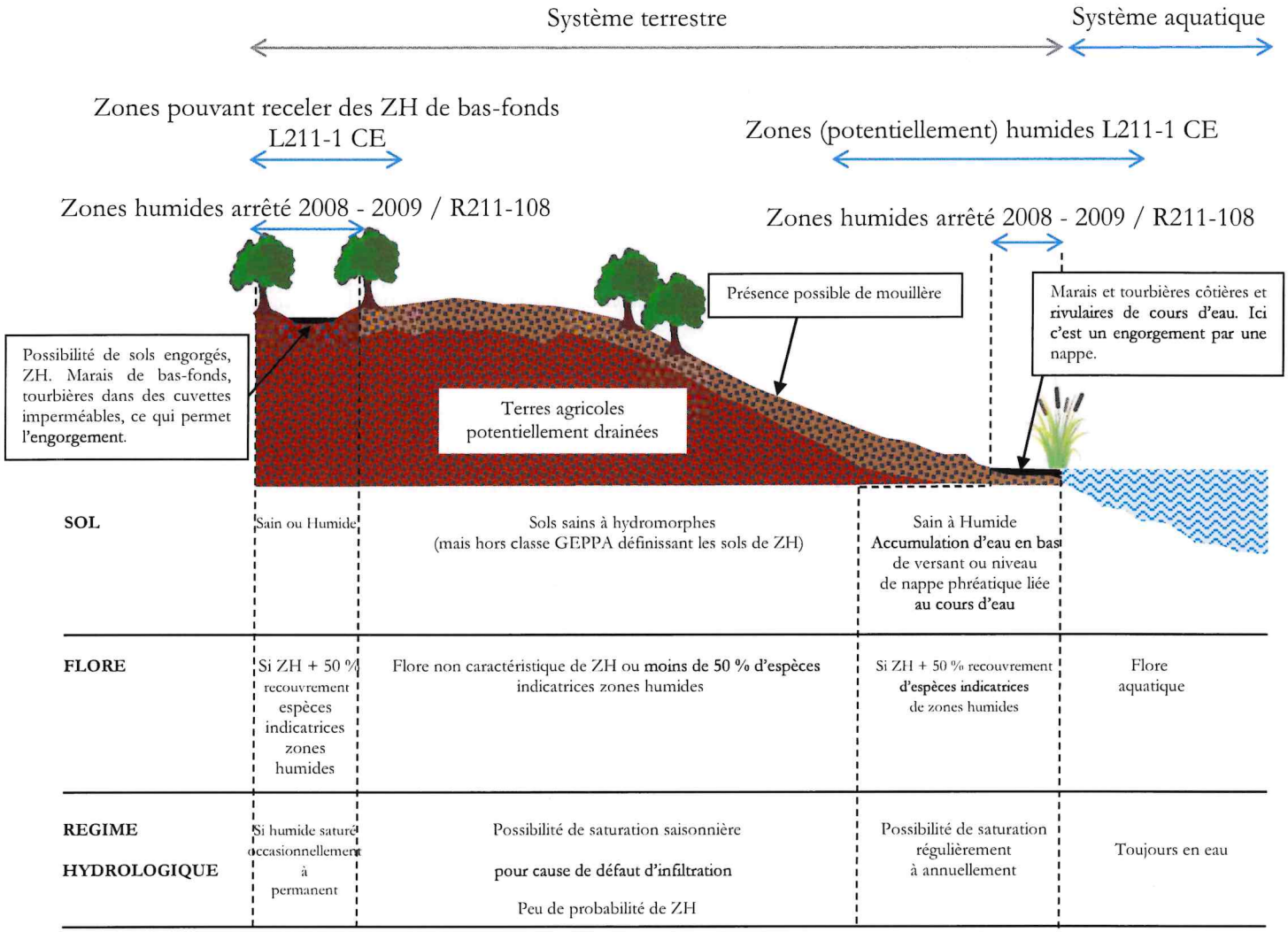
Nous sommes présentement mandatés par la société Corsica Sole, en vue de réaliser un diagnostic pédologique sur les parcelles section ZD n°8 & 10 (environ 25 ha 90 a), section ZC n°25, 28 à 30 (environ 13 ha 37 a) sur la commune de Thenissey (21150). Les investigations de terrain ont été réalisées le 29/01/2024.

Le diagnostic pédologique permettra d'identifier la présence (ou non) de sols dont la morphologie pourrait être liée à la présence prolongée d'eau. Ce diagnostic, est effectué à la tarière manuelle dans le respect de la norme de restitution cartographique AFNOR CARTO NF X31-560[3], a pour but de déterminer la nature des sols au regard de la réglementation en vigueur.

Les objectifs du diagnostic terrain sont les suivants :

- Déterminer la nature des sols
- Identifier et localiser les zones humides selon la réglementation en vigueur

1.3 Lecture et interprétation du paysage au regard des investigations pédologiques



Source : Guide APCA 2018 / AFES / Adaptation et réalisation : A.T.M.O

Figure 1 – Schéma théorique des clés de lecture et d'interprétation du paysage au regard des investigations pédologiques

De nombreux les sols peuvent présenter des défauts d'infiltration. Les mouillères[4] comme les sources sont des résurgences d'écoulement gravitaires souterrains, elles se situent sur les reliefs. En plaine il peut exister des affleurements ou des émergences de nappe phréatique. En plaine il peut également exister des sols sains et des sols engorgés ou des sols imperméables à stagnation de subsurface. En cas de zone humide, la flore hygrophile dominante est le premier révélateur. Les espèces cultivées peuvent également se révéler des indicateurs selon leur tolérance aux excès d'eau. Les accidents de culture du aux excès d'eau sont également une indication à ne pas négliger.

Ne pas confondre « engorgement par l'eau » et hydromorphie

L'Arrêté précise que les traits rédoxiques doivent se prolonger et s'intensifier en profondeur, de plus en plus nombreux et/ou de plus en plus nets et doivent se prolonger sur au moins 50 cm d'épaisseur.
Tout ce qui est orange-rouge n'est pas forcément révélateur d'hydromorphie.
L'engorgement par l'eau est synonyme de saturation par l'eau. L'air d'un horizon est chassé par l'eau, laquelle finit par occuper la totalité de la porosité.
La macroporosité de l'horizon est occupée par l'eau qui s'y trouve libre.

L'hydromorphie est la saturation des pores du sol sur une période plus ou moins longue. Cette saturation entraine des phénomènes d'anoxie qui perturbent la faune et la végétation dans un milieu habituellement pourvu en oxygène.

Ces traces peuvent correspondre à des reliques des climats anciens, chauds et humides, au même titre que l'altération de minéraux riches en fer (glauconie) présente des traces à ne pas confondre avec une réduction d'ions ferreux.
Les concrétions ferro-manganiques plus ou moins dures peuvent être confondues avec des graviers ferrugineux.

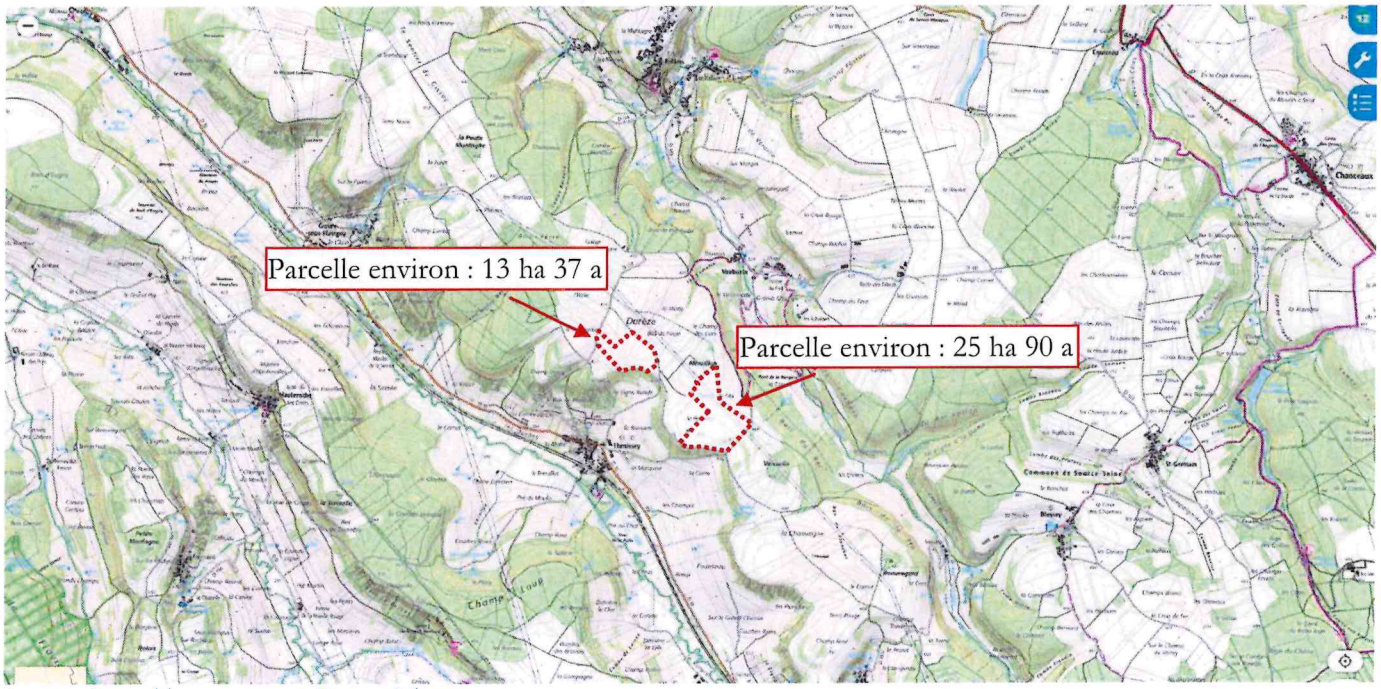
Le guide sur l'identification et la délimitation des sols des zones humides publié par le Ministère de l'Ecologie encourage à prendre en compte le contexte global de l'identification en déterminant notamment si la morphologie est liée à la présence effective d'eau ou à d'autres facteurs. Le guide invite à la lecture du paysage.

La flore hygrophile indique la probabilité de l'engorgement, d'autant plus probable que la flore est dominante. Cependant quelques plantes hygrophiles signalent seulement un sol asphyxié, par exemple un tassement, situation fréquente sur pâturages. Le tassement comme l'engorgement engendre un déficit d'oxygène.

Sur les parcelles cultivées l'itinéraire cultural est un indicateur. Lorsque la culture de maïs se succède à elle-même alors que la parcelle est en projet de drainage, cela incite à une attention particulière, car la morphologie du maïs permet à cette plante de se développer dans les sols concernés par des engorgements. A l'inverse une culture de colza présente dans un inventaire de zone humide témoigne d'une erreur de classement, car le colza ne se développe pas dans les sols engorgés.

2 LOCALISATION & ENVIRONNEMENT

Ci-dessous la cartographie IGN de la parcelle dont la société Corsica Sole est porteur de projet pour l'implantation de panneaux agri-photovoltaïques.



Source : https://www.geoportail.gouv.fr/carte

Figure 2 – Carte topographique de la parcelle (1 : 25 000)

L'expertise fut réalisée sur la commune Thenissey (21150), aux lieux-dits « Méroillon », section ZD n°8 & 10, et « Sur Darèze », section ZC n° 25 & 28 à 30.

Lors de notre intervention du 29/01/2024, les parcelles cadastrales ZD n°8 & 10 (25 ha 70 a) étaient divisées entre des prairies pâturées par les chevaux du centre équestre adjacent et de la prairie récemment semée. Les parcelles cadastrales ZC n°25 & 28 à 30 (13 ha 37 a) étaient récemment semées en culture d'hiver. La réalisation de ce diagnostic pédologique est préalable à un projet d'implantation de panneaux agrivoltaïques.

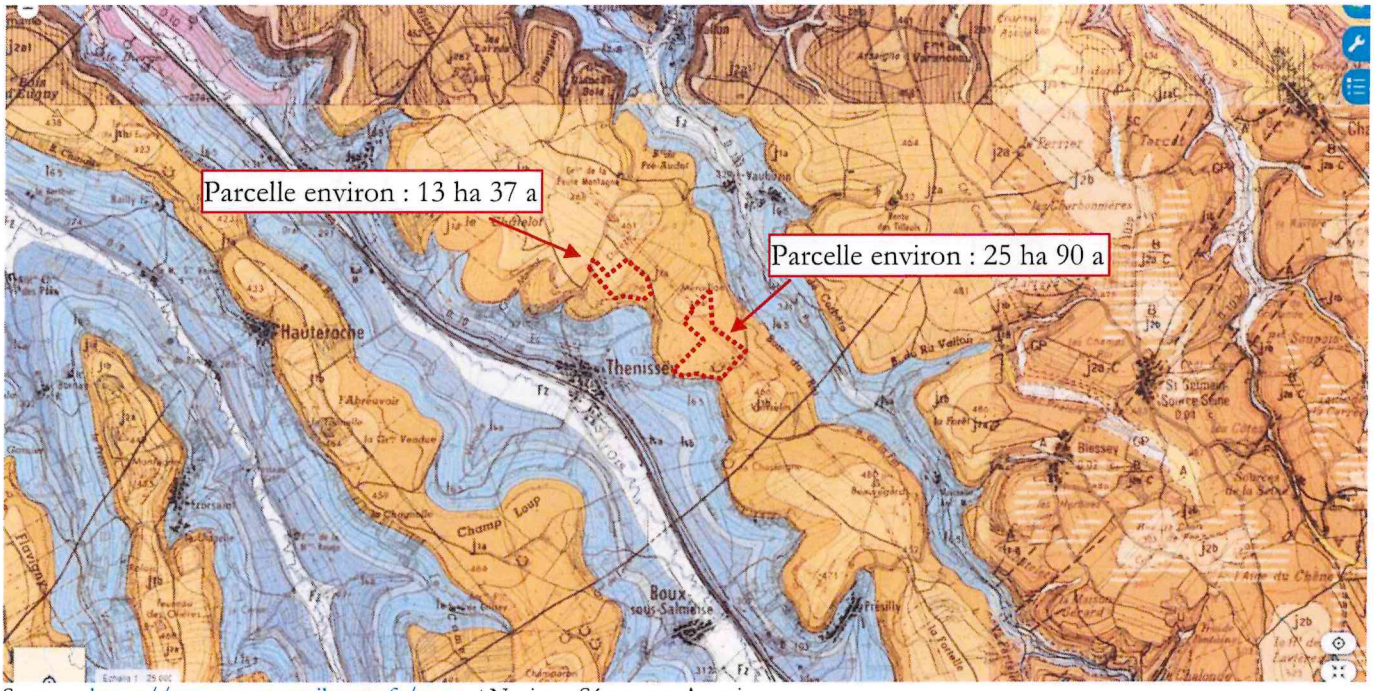
La commune de Thenissey est située à une quarantaine de kilomètres au Nord-Ouest de Dijon. Les parcelles sont situées au Nord du territoire communal et s'intègrent au sein d'un ensemble paysager majoritairement occupé par des parcelles en cultures. La topographie globale est caractérisée par un paysage assez vallonné et des pentes plutôt marquées.

Les parcelles cadastrales objet de ce rapport ne font pas exception à cette identité paysagère, puisque la parcelle de 25 ha 90 a est en prairie et la parcelle de 13 ha 37 a a été récemment semée en culture d'hiver. La situation topographique de ces parcelles se caractérise par une position sommitale de versant.

Un examen de la topographie à l'échelle des parcelles indique des sols à faible potentiel de zones humides. Cependant, un diagnostic pédologique apparait nécessaire afin d'appréhender la présence ou non de sols de zones humides sur le périmètre d'étude.

3 ETUDE CARTOGRAPHIQUE

3.1.1 La carte géologique



Source : https://www.geoportail.gouv.fr/carte +Notice « Sémur-en-Auxois »

Figure 3 – Carte géologique des parcelles (1 : 25 000)



Calcaires[5] (Bajocien[6] moyen et inférieur)



Marnes[7] à Ostea acuminata[8] (Bajocien supérieur)

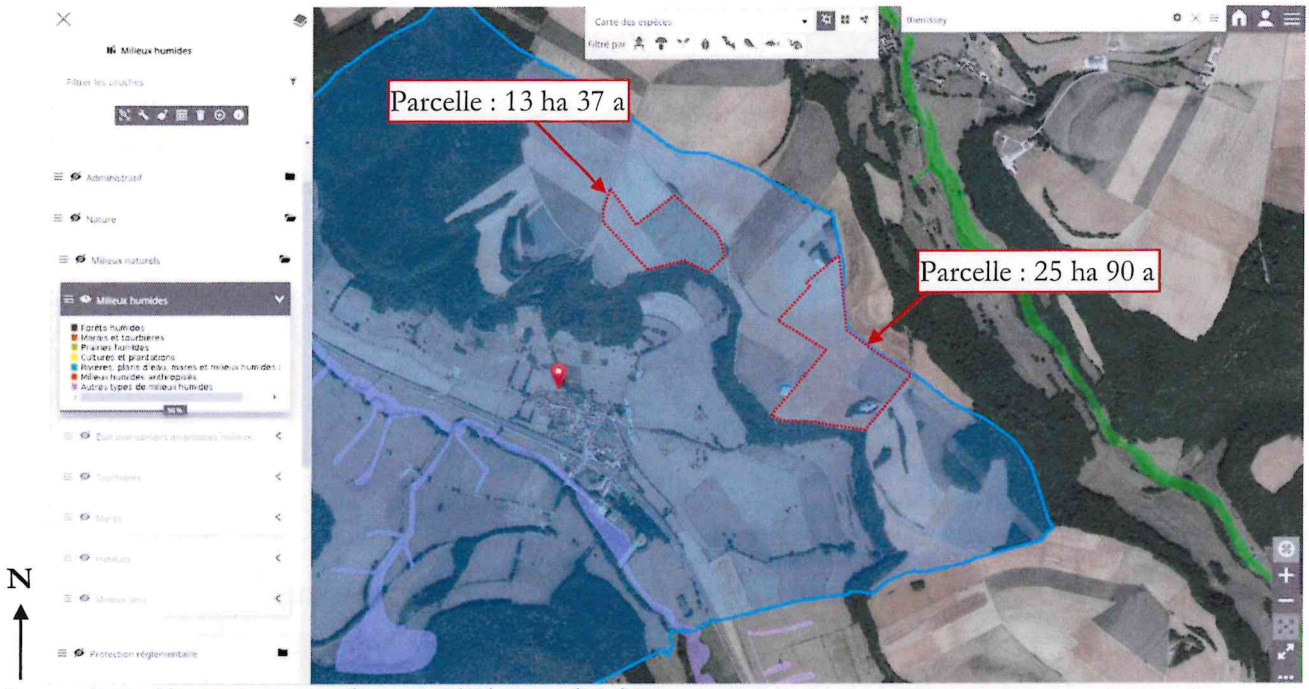
Les parcelles objet de ce dossier se situent au sein de deux formations géologiques notées « J1a » et « J1b » datant du Bajocien, un étage de l'ère secondaire.

Les deux formations géologiques en place au droit des sites d'investigation mettent en exergue des matériaux essentiellement marno-calcaire.
Les calcaires du Bajocien moyen et inférieur constituent les corniches des abords du plateau. Ils sont entrecoupés par l'ensemble des marnes à Ostea Acuminata, peu épaisses et riches en fossiles, qui forment des pentes plus douces.

Prenant en considération l'emplacement des parcelles, les formations géologiques en place renseignent sur la probabilité de constater des sols argilo-calcaires. Dans ce contexte géologique et topographique, le potentiel de zone humide apparait moindre.

Malgré ces éléments, à la demande du service instructeur, une investigation pédologique a été réalisée sur le périmètre d'étude afin de vérifier la présence ou non de sols de zones humides.

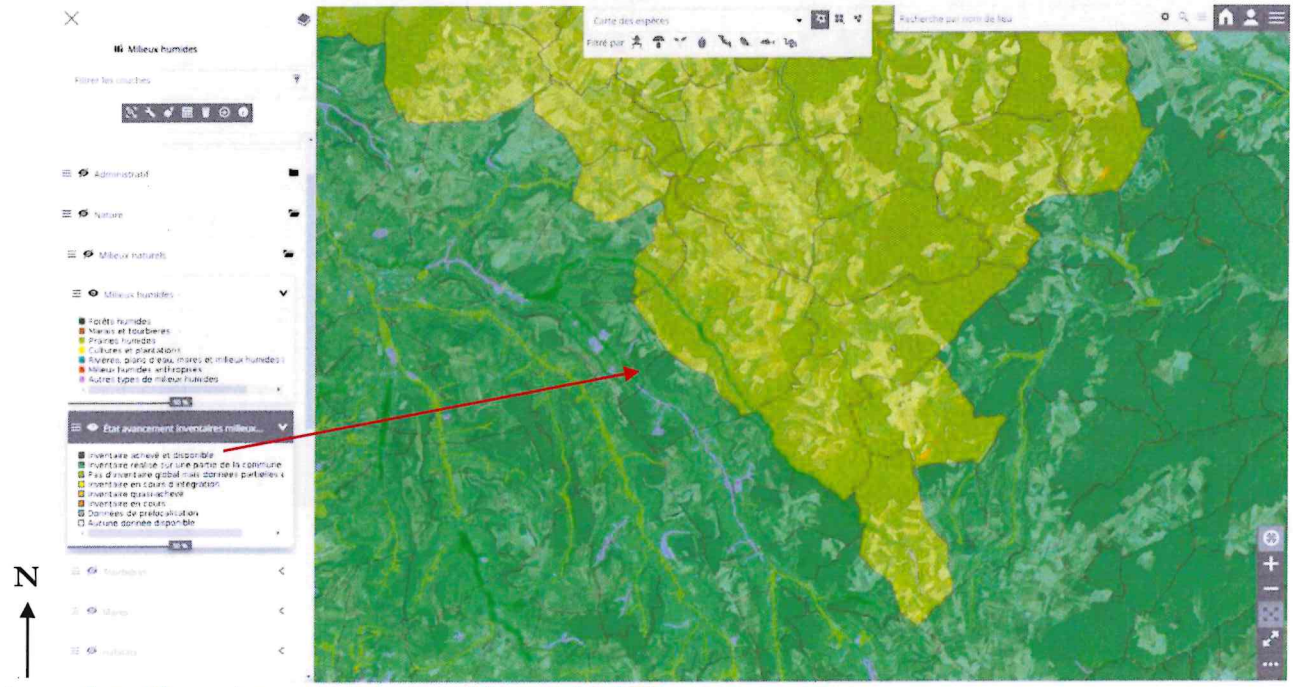
3.1.2 Les inventaires « Milieux humides »



Source : https://www.sigogne.org/geoportal/#/context/bfc/731

Figure 4 – Carte des inventaires milieux humides

Au regard de la figure 4, les parcelles ne font état d'aucune zone inventoriée « milieux humides ».



Source : https://www.sigogne.org/geoportal/#/context/bfc/731

Figure 5 – Carte de l'état d'avancement des inventaires « milieux humides »

La commune de Thénissey fait état d'un inventaire « achevé et disponible » sur le territoire communal.

Néanmoins, un diagnostic pédologique apparait nécessaire afin de vérifier in situ les types de sols et leurs potentiels de sols de zones humides.

4 METHODOLOGIE

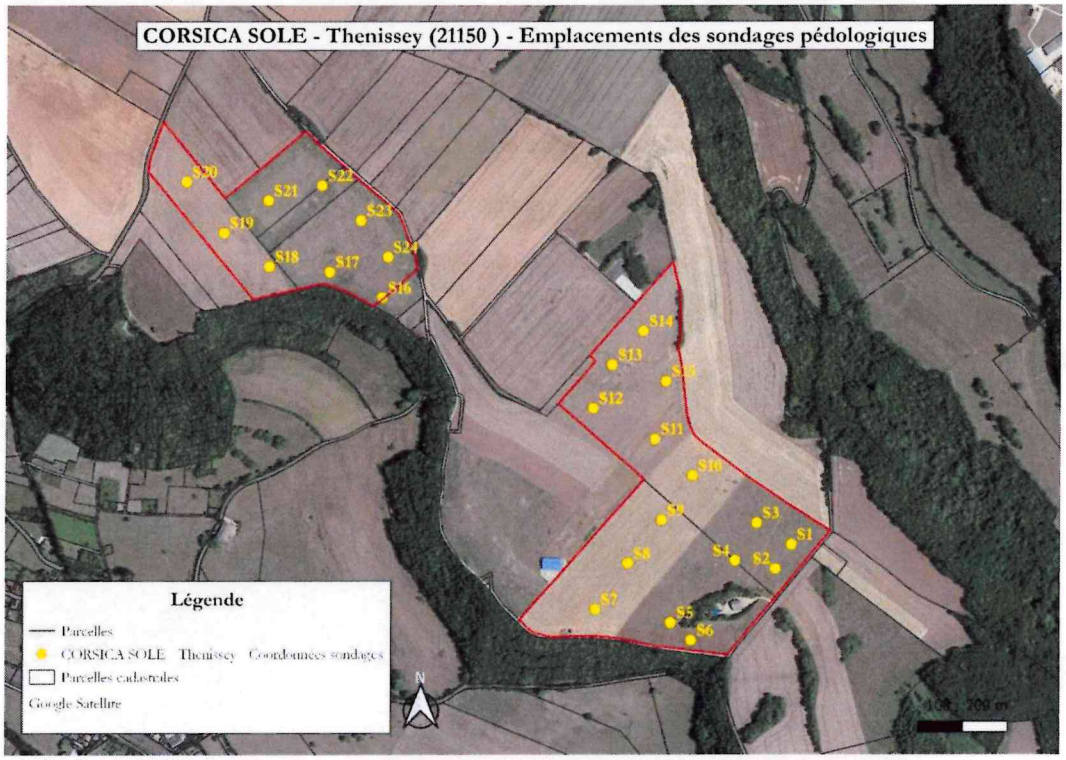
4.1 Le cadre scientifique de référence

Sur la base de la réglementation, citée en annexe, relative à la délimitation des zones humides, chaque sondage a permis de déterminer les points suivants :

- Le type de sol, en utilisant la nomenclature adaptée, à savoir le Référentiel de Pédologie 2008 (RP 2008).
- Afin d'illustrer le classement des sols, le résultat des observations sera rapproché des classes d'hydromorphie du tableau GEPPA 1981 modifié.
- L'appartenance ou non du sol à la catégorie des sols de zone humide.

4.2 La méthode et les choix d'investigations de l'expert

Au regard de l'observation et des données paysagères, topographiques, géologiques et des inventaires, nous avons fait le choix, pour la réalisation de cette expertise, d'investiguer le sol à l'aide d'une tarière manuelle.



Conception et réalisation : A.T.M.O

Figure 6 – Emplacements des sondages pédologiques

4.3 Les conditions météorologiques précédent l'intervention

Notre intervention sur le site a eu lieu le 29/01/2024. Les données pluviométriques des jours précédents notre visite, issues de la station météorologique de Dijon, indiquent :

Cumuls pluviométriques	8 jours avant	15 jours avant	1 mois avant	3 mois avant
29/01/2024	9.7 mm	28.8 mm	44.9 mm	188.7 mm

5 EXPERTISE PEDOLOGIQUE

5.1 Rappel du contexte réglementaire – Arrêté du 24/06/2008 modifié le 01/10/2009

*« Pour la mise en œuvre de la **rubrique 3. 3. 1. 0** de l'article R. 214-1 du code de l'environnement, une zone est considérée comme humide si elle présente **l'un des critères suivants** :*

*1° Les **sols** correspondent à **un ou plusieurs types pédologiques**, **exclusivement** parmi ceux mentionnés dans la **liste figurant à l'annexe 1. 1** et identifiés selon la méthode figurant à l'annexe 1. 2 au présent arrêté. Pour les sols dont la morphologie correspond aux classes IV d et V a, définis d'après les classes d'hydromorphie du groupe d'étude des problèmes de pédologie appliquée (GEPPA, 1981 ; modifié), le préfet de région peut exclure l'une ou l'autre de ces classes et les types de sol associés pour certaines communes, après avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel.*

2° Sa végétation, si elle existe, est caractérisée par :
-soit des espèces identifiées et quantifiées selon la méthode et la liste d'espèces figurant à l'annexe 2. 1 au présent arrêté complétée en tant que de besoin par une liste additionnelle d'espèces arrêtées par le préfet de région sur proposition du conseil scientifique régional du patrimoine naturel, le cas échéant, adaptée par territoire biogéographique ;
-soit des communautés d'espèces végétales, dénommées " habitats ", caractéristiques de zones humides, identifiées selon la méthode et la liste correspondante figurant à l'annexe 2. 2 au présent arrêté. […]

1. 1. Liste des types de sols des zones humides

1. 1. 1. Règle générale

*La **règle générale** ci-après présente la **morphologie** des **sols** de **zones humides** et la **classe d'hydromorphie correspondante**. La morphologie est décrite en **trois points** notés de **1 à 3**. La classe d'hydromorphie est définie d'après les classes d'hydromorphie du groupe d'étude des problèmes de pédologie appliquée (GEPPA, 1981 ; modifié).*

Les sols des zones humides correspondent :
***1.** A **tous les histosols**, car ils connaissent un engorgement permanent en eau qui provoque l'accumulation de matières organiques peu ou pas décomposées ; ces sols correspondent aux classes d'hydromorphie H du GEPPA modifié ;*
***2.** A **tous les réductisols**, car ils connaissent un engorgement permanent en eau à faible profondeur se marquant par des traits réductiques débutant à moins de 50 centimètres de profondeur dans le sol ; Ces sols correspondent aux classes VI c et d du GEPPA;*
***3.** Aux **autres sols** caractérisés par :*
- des traits rédoxiques débutant à moins de 25 centimètres de profondeur dans le sol et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur. Ces sols correspondent aux classes V a, b, c et d du GEPPA ;
- ou des traits rédoxiques débutant à moins de 50 centimètres de profondeur dans le sol, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et des traits réductiques apparaissant entre 80 et 120 centimètres de profondeur. Ces sols correspondent à la classe IV d du GEPPA.

L'application de cette règle générale conduit à la liste des types de sols présentée ci-dessous. Cette liste est applicable en France métropolitaine et en Corse. Elle utilise les dénominations scientifiques du référentiel pédologique de l'Association française pour l'étude des sols (AFES, Baize et Girard, 1995 et 2008), qui correspondent à des " Références ". Un sol peut être rattaché à une ou plusieurs références (rattachement double par exemple). Lorsque des références sont concernées pro parte, la condition pédologique nécessaire pour définir un sol de zone humide est précisée à côté de la dénomination. »

RÈGLE GÉNÉRALE		LISTE DES TYPES DE SOLS		
Morphologie	**Classe d'hydromorphie (classe d'hydromorphie du GEPPA, 1981, modifié)**	**Dénomination scientifique ("Références" du référentiel pédologique, AFES, Baize & Girard, 1995 et 2008)**	**Condition pédologique nécessaire**	**Condition complémentaire non pédologique**
1)	H	Histosols (toutes références d').	Aucune.	Aucune.
2)	VI (c et d)	Réductisols (toutes références de et tous doubles rattachements avec) (1).	Aucune.	Aucune.
3)	V (a, b, c, d) et IV d	Rédoxisols (pro parte).	Traits rédoxiques débutant à moins de 25 cm de la surface et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ou traits rédoxiques débutant a moins de 50 cm de la surface, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et présence d' un horizon réductique de profondeur (entre 80 et 120 cm)	Aucune.
		Fluviosols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (pro parte).		Aucune.
		Thalassosols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (pro parte).		Aucune.
		Planosols Typiques (pro parte).		Aucune.
		Luvisols Dégradés - Rédoxisols (1) (pro parte).		Aucune.
		Luvisols Typiques - Rédoxisols (1) (pro parte).		Aucune.
		Sols Salsodiques (toutes références de).		Aucune.
		Pélosols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (pro parte).		Aucune.
		Colluviosols - Rédoxisols (1) (pro		Aucune.

		parte)		
		Fluviosols (présence d'une nappe peu profonde circulante et très oxygénée)	Aucune.	Expertise des conditions hydrogéomorphologique s (cf. § Cas particuliers ci-après)
		Podzosols humiques et podzosols humoduriques	Aucune.	Expertise des conditions hydrogéomorphologique s (cf. § Cas particuliers ci-après)
(1) Rattachements doubles, ie rattachement simultané à deux "références" du Référentiel Pédologique (par exemple Thalassosols - Réductisols).				

5.2 Les références & les sols de la parcelle

Dans le cadre de ce rapport d'expertise, les dénominations de sols utilisées sont celles du « *Référentiel Pédologique ; A.F.E.S ; 2008* »et les classes d'hydromorphies sont celles détaillées dans le tableau du « *GEPPA modifié ; 1981* ». Ces ressources sont prises en référence dans l'Arrêté du 24/06/2008 modifié le 01/10/2009.

La réalisation de ce diagnostic pédologique sur les parcelles ZC n°25 – 28 à 30 & ZD n°8 & 10 sur la commune de Thenissey, dont la société Corsica Sole est le maitre d'ouvrage, a nécessité la réalisation de 24 sondages pédologiques.
Ces sondages ont permis de distinguer un type de sols correspondant au grand ensemble des CALCOSOLS.
La pédogénèse, le fonctionnement ainsi que l'organisation de chaque type de sols rencontrés au sein du périmètre d'études est détaillé ci-après.

5.3 CALCOSOLS argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien

Un seul de type de solum ayant été diagnostiqué sur le périmètre d'étude, un unique tableau de synthèse des sondages réalisés est présenté dans le chapitre 6 de ce rapport.

Les parcelles du périmètre d'étude se distinguent par une présence abondante de graviers[9], cailloux[10] et pierres[11] calcaires en surface et au sein des solums observés.

La présence abondante d'éléments grossiers calcaires en surface et au sein des solums n'a pas permis la pénétration de la tarière manuelle à plus de 25 – 30 cm de profondeur pour 17 sondages sur les 24 effectués.



Figure 7 – Regard sur la parcelle de 13 ha 37 a présentant de nombreux éléments grossiers calcaires en surface



Figure 8 – Exemple d'un sondage arrêté sur cailloux

Bien que de nombreux sondages pédologiques (n°1 / 2 / 4 / 5 / 7 / 8 / 9 / 10 / 14 / 16 / 17 / 18 / 19 / 20 / 21 / 23 / 24) n'ont pas pu être réalisé à plus de 25 – 30 cm de profondeur, aucune trace d'hydromorphie n'a été observée dans les horizons superficiels observés.
L'absence de trace d'oxydo-réduction dans les 25 premiers centimètres permet de facto d'exclure ces sols de la liste des sols de zones humides au regard du tableau du GEPPA modifié.

Au dehors des sondages pour lesquels la pénétration de la tarière en profondeur s'est avérée impossible, les sondages n°3 / 6 / 11 / 12 / 13 / 15 / 22 ont pu être effectué à une profondeur suffisante pour permettre une observation satisfaisante des solums en place.



Figure 9 – CALCOSOL hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien

Ces sols sont constitués des horizons des références suivants : LAca / Sca / Mma.
Une effervescence à HCl à froid a été constatée sur tous les horizons de références.

L'horizon LAca, majoritairement argileux, correspond à la couche superficielle travaillée. La dominante argileuse ainsi que la présence de nombreux éléments grossiers calcaires rendent l'horizon relativement compact[12].
Bien que compact, le drainage naturel de ces solums apparait relativement bon, puisqu'aucune trace d'hydromorphie n'a jamais été observée sur l'ensemble des sondages.

Les horizons Sca, également dominés par l'argile ne présentent aucune trace d'hydromorphie. La compacité constatée dans les horizons sus-jacents se maintient aux seins de ces horizons structuraux qui disposent d'un taux de MO inférieur aux horizons LAca.

La couche Mma n'a pas été observée sur l'ensemble des sondages, soit en raison la variabilité de profondeur d'apparition des horizons au sein du périmètre d'étude, soit en raison de l'arrêt du sondage sur cailloux.
Cette couche meuble et tendre est caractérisée par une altération[13] du calcaire, elle constitue un horizon moins perméable que les horizons sus-jacents en raison de la présence abondante d'argile.
Cette couche marneuse, obstacle à la percolation[14] des eaux gravitaires[15] en profondeur, représente un socle peu perméable.

Dans ce type de matériaux, seule une humidité d'imbibition[16] est possible. L'eau présente dans cet horizon (Mma) ne peut être extraite que par une force supérieure à la capacité de rétention des agrégats, soit l'évaporation et/ou l'évapotranspiration[17].

Pour les sondages n°13 & 15, le qualificatif REDOXISOL[18] a été ajouté en raison de la profondeur d'apparition des traces d'hydromorphies.

Tenant compte des données pédologiques & hydromorphologiques constatées, les parcelles ZD n°8 à 10 et ZC n°25 & 28 à 30 sur la commune de Thenissey ne présentent pas de sols de zones humides.

6 SYNTHESE DES SONDAGES REALISES

N° sondage	Coordonnées GPS	Nom du Sol (RP 2008)	Sol apparaissant dans la liste de l'Arrêté*	Prof. Hydro.	Classe GEPPA	Sol de ZH
S1	47.498019 / 4.643219	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux	HC	Non
S2	47.497534 / 4.64274	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux	HC	Non
S3	47.49845 / 4.642182	CALCOSOL rédoxique[19], argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	50 cm	IIIb	Non
S4	47.497696 / 4.641543	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux	HC	Non
S5	47.496456 / 4.639627	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux	HC	Non
S6	47.496106 / 4.640226	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 45 cm sur cailloux	HC	Non
S7	47.496725 / 4.637392	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non
S8	47.497642 / 4.63835	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 20 cm sur cailloux	HC	Non
S9	47.498504 / 4.639348	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non

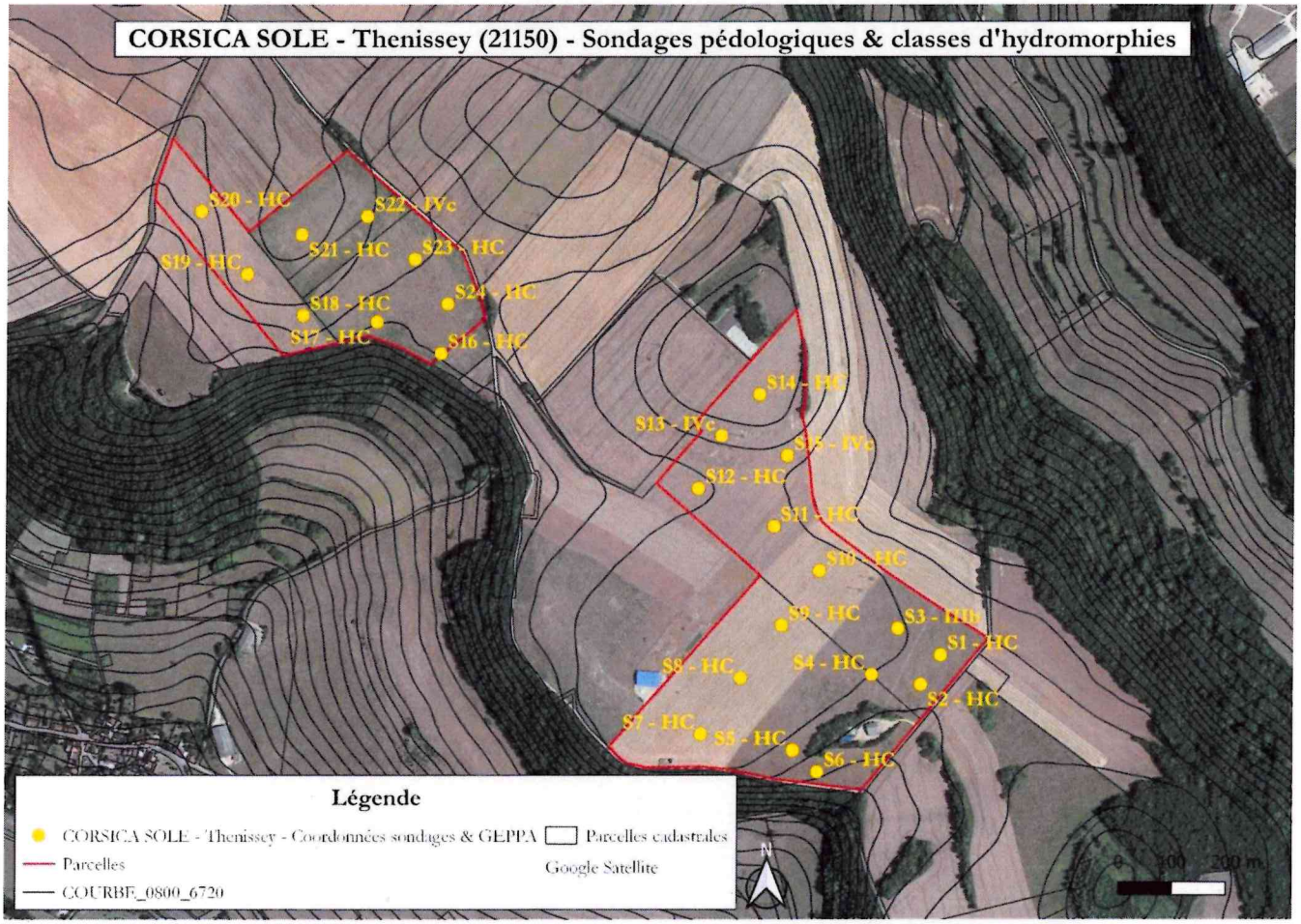
		Bajocien				
S10	47.499394 / 4.640266	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non
S11	47.500121 / 4.639148	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 70 cm sur cailloux	HC	Non
S12	47.500741 / 4.637312	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 45 cm sur cailloux	HC	Non
S13	47.501604 / 4.637871	CALCOSOL REDOXISOL, argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	30 cm	IVc	Non
S14	47.502277 / 4.638789	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non
S15	47.50128 / 4.639468	CALCOSOL REDOXISOL, argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	25 cm	IVc	Non
S16	47.502951 / 4.631046	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non
S17	47.503463 / 4.62949	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non
S18	47.503571 / 4.627694	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux	HC	Non
S19	47.504245 / 4.626337	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non
S20	47.505269 / 4.62522	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux	HC	Non
S21	47.504892 / 4.627654	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 20 cm sur cailloux	HC	Non
S22	47.505188 / 4.62925	CALCOSOL rédoxique, argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	25 cm	HC	Non
S23	47.504487 /	CALCOSOL argileux,	Non	---	HC	Non

	4.630408	hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien		Arrêt du sondage à 25 cm sur cailloux		
S24	47.50376 / 4.631206	CALCOSOL argileux, hypercalcaire sur marne à Ostea Acuminata du Bajocien	Non	--- Arrêt du sondage à 30 cm sur cailloux	HC	Non

* Annexe 1.1. de l'Arrêté du 24/06/2008 modifié le 01/10/2009

Prof. Hydro : Profondeur d'apparition des traces d'hydromorphies (< à 5%)

7 SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE DES SONDAGES REALISES



Conception et réalisation : A.T.M.O

Figure 10 – Synthèse des sondages réalisés & classes d'hydromorphies

8 LE CRITERE FLORE

Lors de notre intervention du 29/01/2024, la parcelle de 25 ha 90 a était divisée en deux parties, l'une pâturée par les chevaux du centre équestre adjacent et une autre en prairie récemment travaillée. La parcelle de 13 ha 37 a était récemment semée en culture d'hiver.
Sur la parcelle en prairie comme sur la parcelle en culture, aucune plante hygrophile n'a été observée.



Figure 11 – Vue d'ensemble de la parcelle en prairie (25 ha 90 a)



Figure 12 – Vue d'ensemble de la parcelle en culture (13 ha 37 a)

Au regard du critère flore, les parcelles objets de ce rapport ne peuvent être considérées comme une zone humide.

9 FONCTIONNALITES DE CES SOLS & MESURES COMPENSATOIRES A ENVISAGER

9.1 Les sols de la parcelle au regard des fonctionnalités des zones humides

Le tableau ci-dessous a pour objectif de retranscrire les fonctionnalités des sols des parcelles objet de cette étude au regard des fonctions majeures et des services rendus par les zones humides.

Ce tableau est issu d'une « Fiche Technique de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse » (Source : https://www.eaurmc.fr/upload/docs/application/pdf/2018-05/10_notions_essentielles_fonctions_et_services_vdef.pdf; Octobre 2015).
Rappelons que le diagnostic pédologique a conclu à l'absence de zones humides sur le périmètre d'étude.

FONCTION MAJEURE	SERVICES RENDUS	ANALYSE DE LA PARCELLE
Hydrologique / hydraulique	**Services de régulation**	
	Régulation des crues (Dont écrêtement des débits)	Aucune fonction
	Soutien des étiages	Aucune fonction
	Recharge des nappes souterraines	Aucune fonction
	Stockage durable des eaux de surface	Aucune fonction
	Régulation du climat	Aucune fonction
	Services de production	
	Production d'eau (potable, agricole ou industrielle)	Non concerné
	Production d'énergie (hydro-électricité)	
	Voie de communication	
	Services culturels	
	Patrimoine local (petits ouvrages hydraulique…)	Non concerné
Physique / biogéochimique	**Services de régulation**	
	Protection des sols contre les érosions	Aucune fonction en ce domaine
	Soutien du débit solide du cours d'eau	
	Rétention des polluants (Dans les sédiments, les végétaux ou les sols)	Identique à tous les sols, aucune des fonctions attribuées aux zones humides
	Stockage de matières organiques	
	Régulation des nutriments (Dénitrification – dégradation des nitrates en azote gazeux, piégeage du carbone et du phosphore)	
	Interception des matières en suspension	
	Services de production	
	Services de production	
	Production de sel	Non concerné
Biologique / écologique	**Services de régulation**	
	La biodiversité participe aux services de régulation cités plus haut (Écrêtement des crues, dénitrification…)	Aucune fonction
	Pollinisation	Aucune fonction attribuée aux ZH. En prairie ou en cultures, la pollinisation est liée à la flore.
	Effet sur la santé (rôle du cadre de vie, régulation des maladies)	Non concerné
	Services de production	
	Agriculture liée au caractère humide de la zone :	Non concerné

	élevage, production de foin, riziculture, récolte de roseaux…	
	Sylviculture liée au caractère humide de la zone	
	Cueillette	
	Conchyliculture	
	Aquaculture, pêche professionnelle	
	Services culturels	
	Chasse	Identique à tous les sols
	Pêche de loisir	Non concerné
	Activités sportives (détente, promenade…)	Non concerné – Propriété privée
	Biodiversité (valeur intrinsèque des espèces)	Non concerné
	Paysage (visuel, sonore, olfactif)	
	Participation à l'identité locale, image de marque du territoire	
	Support d'activités éducatives	
	Support d'activités artistiques	
	Support d'activités scientifiques	
	Support d'activités sociales (intégration…)	

Les sols de cette parcelle ne remplissent aucune des fonctions attribuées aux zone humides car ils ne connaissent pas d'engorgement.

9.2 Mesures compensatoires et incidences du projet agrivoltaïque sur les sols

Les sols de cette parcelle sont intégrés au grand ensemble pédologique des CALCOSOLS qui sont caractérisés par une dominance des ions Ca^{2+} en raison d'un matériau parental calcaire.
Aucune zone humide n'a été diagnostiquée consécutivement à l'étude pédologique sur ces parcelles.

Selon les informations transmises par le porteur de projet « Corsica Sole », les surfaces imperméabilisées sur les parcelles sont détaillées comme suit :

	Nombre	Surface unitaire (m²)	Surface totale (m²)
Poste de transformation	6	22.75	136.5
Poste de livraison	2	22.75	45.5
Local technique	2	15.25	30.5
Fondations en pieux battus	10 * 831 tables	0.025	207.75
Citerne souple	2	100	200
Surface totale imperméabilisée			**620.25 m²**

Sur les tables, les panneaux ne sont pas jointés cela permettra à l'eau de ruisseler sur chaque panneau et de rejoindre le sol. Aucune goutte d'eau ne sera soustraite du sol consécutivement à l'installation des tables. Ainsi, l'impact de l'installation des tables est à quantifier au regard de la surface d'emprise au sol des pieux.

Bien qu'aucune zone humide n'ait été diagnostiquée sur le périmètre d'étude, la surface totale imperméabilisée est 620.25 m².

En conséquence, aucune mesure compensatoire n'est à prévoir suite à l'installation future des panneaux agrivoltaïques sur les parcelles du périmètre d'étude.

10 CONCLUSION

Le périmètre d'étude justifiant la réalisation de ce diagnostic pédologique fait l'objet de l'installation de panneaux agrivoltaïques. Le site d'étude est divisé en deux parties, la parcelle d'une surface totale de 25 ha 90 a est actuellement en prairie pâturée et/ou fauchée, tandis que la parcelle de 13 ha 37 a a été récemment semée en culture d'hiver.

Du point de vue géologique, les deux formations en place au droit du site d'investigation mettent en exergue des matériaux calcaires / marneux sur la totalité des parcelles.

Sur Sigogne, il n'est fait état d'aucune zone inventoriée « milieux humides » sur les parcelles.

Selon le Référenciel Pédologique (2008), les sols de cette parcelle appartiennent aux grands ensembles de références des CALCOSOLS. Leurs dénominations exactes au regard de leurs fonctionnements hydromorphologiques peuvent les exclurent des sols de zone humide. Les dénominations selon le tableau du GEPPA modifié illustrent ces classements.

Au regard de la pédogénèse, ces sols sont marqués par une dominance des ions Ca^{2+} en raison d'un matériau parental calcaire. Les horizons argileux rencontrés sont fortement marqués par la présence d'éléments grossiers en abondance ne permettant parfois pas la pénétration de la tarière manuelle.

Bien que s'agissant de sols essentiellement argileux, la présence de graviers et cailloux calcaires permet de maintenir une macroporosité suffisante pour la percolation des eaux gravitaires en profondeur dans la limite de la présence du socle marneux très peu perméable à une profondeur variable.
De manière générale, eu égard à leurs situations topographiques en partie sommitale ou en haut de versant et la pédogénèse de ces sols, les parcelles disposent d'un drainage naturel imparfait à modéré contraire à la présence de sols de zones humides.

Aucune zone humide n'ayant été diagnostiquée sur ces parcelles, aucune mesure compensatoire consécutive à l'installation de panneaux agrivoltaïques n'est à prévoir.

Sur ces types de sols, les excès d'eau sont exclusivement liés aux précipitations.

A Villevieux, le 05 Février 2024

Le Bureau d'Etudes A.T.M.O

11 LEXIQUE

[1] **Gorgée (= Engorgement) :** L'engorgement correspond à l'occupation de la totalité d'un horizon par de l'eau. Lorsqu'il est engorgé, un horizon est à son humidité maximale, laquelle dépasse largement sa capacité au champ. Deux conséquences en découlent :

- La macroporosité de l'horizon est occupée par l'eau qui s'y trouve « libre ». Cette eau est capable de circuler verticalement et rapidement dans le sol, si les conditions s'y prêtent, mais elle peut aussi stagner au contact de couches peu perméables ou imperméables ;
- L'eau occupant la porosité en chasse l'air, le milieu devient progressivement asphyxiant (hypoxie puis anoxie) et réducteur.

L'engorgement d'un horizon peut être plus ou moins durable. Il peut être temporaire et suivre le rythme des épisodes pluvieux ou être permanent ou quasi permanent. Il peut être facilement constaté directement sur le terrain, en faisant un sondage avec une tarière ou en utilisant un piézomètre.

[2] **Phréatique (= Nappe phréatique) :** Nappe d'eau souterraine libre, peu profonde et accessible aux puits habituels. Le niveau phréatique est la surface libre de cette nappe, correspondant au niveau de l'eau dans les puits.
Nappe ou partie de nappe comprise dans une couche aquifère dépourvue de toute couverture imperméable sur toute l'étendue considérée, donc pouvant recevoir directement en tous points, les eaux d'infiltration.

[3] **Norme AFNOR CARTO NF X31-560 :** La densité des observations sera fonction de l'échelle de restitution souhaitée. Le tableau ci-dessous fixe la densité d'observation en fonction de l'échelle de représentation, il est extrait de la norme :

Echelle de restitution		Sondages	Fosses pédologiques
Petite échelle	1 : 250 000	1 pour 200 à 600 ha	1 pour 2 000 à 6 000 ha
Moyenne échelle	1 : 100 000	1 pour 30 à 60 ha	1 pour 500 à 1 000 ha
	1 : 50 000	1 pour 10 à 30 ha	1 pour 200 à 300 ha
	1 : 25 000	1 pour 5 à 10 ha	1 pour 50 à 100 ha
Grande échelle	1 : 10 000	1 pour 2 à 3 ha	1 pour 10 à 50 ha

[4] **Mouillère :** On désigne sous le nom de mouillères des zones ennoyées saisonnièrement ou d'une manière permanente. Les mouillères se signalent dans le paysage par une végétation particulière (joncs et carex en prairie), par un grave défaut de portance durant de longues périodes de l'année (en prairie comme en sol cultivé) et assez fréquemment, par un accident topographique particulier (changement de pente, talus, ...).
Le terme mouillère recouvre en fait de nombreux car parmi lesquels on peut très schématiquement distinguer :

- Des situations humides localisées, liées à la topographie (creux, rupture de pente) ou à l'intervention humaine (diverses excavations ou mares recomblées,
- Des zones sous la dépendance de résurgences plus ou moins diffuses d'eaux profondes.

[5] **Calcaire :** Roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite $CaCO_3$, pouvant être accompagnée d'un peu de dolomite, d'aragonite, de sidérite. Les calcaires sont de faible dureté (rayés au couteau) et font effervescence (dégagement bouillonnant de CO_2) à froid sous l'action d'un acide dilué (p.ex. HCl dilué à 10%), ce qui les distingue des dolomies, qui ne le font pas.
Ils contiennent souvent des fossiles [...]. Dans la plupart des cas, ils tirent leur origine de l'accumulation de squelettes, de coquilles, ou de tests calcaires [...]. Une petite part résulte de précipitations chimiques ou biochimiques. Les calcaires sont très divers et se présentent en bancs d'épaisseur variable (calcaires lités), alternant ou non avec des marnes ou des argiles, ou en masses peu ou pas stratifiés (calcaires massifs). [...]

[6] **Bajocien :** Etage du Jurassique moyen (Mésozoïque, 170,3±1,4 à 168,3±1,3 Ma).

[7] **Marne :** Roche sédimentaire constituée d'un mélange de calcaire et d'argile (pour 35 à 65%), formant la transition entre les calcaires argileux (= calcaire marneux, avec 5 à 35% d'argile) et les argiles calcareuses (= marnes argileuses, avec 65 à 95% d'argile). Les marnes sont moins compactes que les calcaires, et moins plastiques que les argiles. Elles sont à grain fin, happent à la langue, et font effervescence à l'acide dilué (Hcl à 10%) ; elles sont d'aspect terreux ou se débitent en boulettes, ou encore en plaquettes à bords arrondis ; la cassure, plus ou moins conchoïdale, est souvent sombre alors que la patine est claire (blanchâtre, grise, jaune, bleutée). Elles sont abondantes dans les formations d'âge secondaire à actuel, en association avec des calcaires, et présentent de nombreuses variétés. [...]

[8] **Ostea Acuminata :** Type de fossile (huitres) datant du Bajocien.

[9] **Graviers :** Eléments grossiers de dimensions comprises entre 2 et 20 mm.

[10] **Cailloux :** Eléments grossiers de dimensions comprises entre 2 et 7.5 cm.

[11] **Pierres :** Eléments grossiers de dimensions comprises entre 7.5 et 20 cm.

[12] **Compacité :** Caractère plus ou moins compact d'un horizon, apprécié in situ en faisant pénétrer un couteau dans cet horizon.

[13] **Altération :** Modification des propriétés physico-chimiques des minéraux, et donc des roches, par les agents atmosphériques, par les eaux souterraines et les eaux thermales. Elle dépend en particulier du climat, de la température des eaux, de la nature des roches et de leur degré de fracturation. Elle a généralement pour effet de rendre les roches moins cohérentes ce qui facilite leur désintégration.

[14] **Percolation :** Traversée du sol, du hait en bas, par les eaux de précipitations ou d'irrigation et les substances qu'elles entrainent.
La percolation diffère de l'infiltration et de la filtration car elle désigne essentiellement l'écoulement de l'eau par les fissures, lacunes ou galeries d'animaux, donc l'écoulement d'une eau qui transite rapidement.

[15] **Eau libre / gravitaire :** Eau susceptible de circuler dans le sol par la seule action de la gravité. Cette eau circule donc, verticalement ou obliquement, dans des pores relativement gros, de dimensions supérieures à 10 µm.

[16] **Humidité d'imbibition :** Type particulier de saturation d'un horizon par l'eau en l'absence de pores grossiers : l'eau est alors fortement liée à la phase solide par des forces capillaires et demeure très peu mobile.

[17] **Evapotranspiration :** quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié bien alimenté en eau et pour un végétal sain et en pleine croissance. Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.

[18] **Rédoxisol :** (Petit lexique de pédologie) : Solums dans lesquels les processus d'oxydoréduction sont jugés prédominants, voire seuls à s'exprimer. Le fonctionnement de ces solums est dominé par l'existence de saturations temporaires par l'eau, plus ou moins prolongées, et ils présentent parfois un épisolum humifère épais et foncé.
Les rédoxisols « primaires » sont peu fréquents. On ne les observe que sur des dépôts alluviaux et/ou colluviaux, présentant une discontinuité texturale propre à générer la formation d'une nappe perchée. Celle-ci n'est pas seulement alimentée directement par les précipitations, mais souvent aussi par des apports latéraux provenant de la partie haute des versants.
(Référenciel pédologique) : Les traits rédoxiques (codés g ou-g) débutent à moins de 50 cm de la surface et résultent de l'occupation temporaire de toute la porosité par de l'eau d'origine pluviale, liée à sa faible percolation à travers le solum et, le plus souvent, à la présence d'une nappe perchée temporaire. Ces traits se prolongent ou s'intensifient sur au moins cm d'épaisseur.

[19] **Rédoxique :** Qualifie un horizon dans lequel un engorgement temporaire plus ou moins prolongé engendre des cycles d'oxydoréduction, la ségrégation du fer et l'apparition de bariolages accompagnés souvent de la formation de nodules ferro-manganiques.
Qualifie un solum dans lequel un horizon g ou -g débute entre 50 et 80 cm de profondeur.

Définitions issues de :

- Référentiel pédologique ; BAIZE & GIRARD ; A.F.E.S ; Ed. Quae ; 2008.
- Petit lexique de pédologie ; BAIZE ; Ed. Quae ; 2016.
- Naissance et évolution des sols – La pédogénèse expliquée simplement ; BAIZE ; Ed. Quae ; 2021.
- Guide pour la description des sols ; BAIZE & JABIOL ; Ed. Quae ; 2011.
- Dictionnaire de géologie ; FOUCAULT, RAOULT, PLATEVOET, CECCA ; Ed. Dunod ; 9ème édition ; 2020.
- Drainage agricole – Théorie et Pratique, CONCARET et al. ; Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne ; 1981.
- Terminologie hydrogéologique ; B.R.G.M ; 1972.
- http://geoconfluences.ens-lyon.fr
- https://www.aquaportail.com/

12 ANNEXES

12.1 L'hydromorphie

12.1.1 La notion d'hydromorphie en pédologie

Hydromorphie : Au sens strict et originel, l'hydromorphie est la conséquence morphologique de l'engorgement, sous la forme de taches, de concentrations, de colorations spécifiques ou de décolorations, résultant de la dynamique, en milieu réducteur ou alternativement réducteur puis réoxydé, de deux éléments colorés : le fer et le manganèse. Attention donc à ne pas confondre les causes et les effets, à ne pas employer le terme « hydromorphie » pour désigner un engorgement. Les taches ou traits d'hydromorphie sont décrits d'après leur nature, comme suit :

- **d'oxydation** : tâches correspondant à l'oxydation ou la réoxydation des composés du fer et/ ou du manganèse. Les taches rouille dans leur acception traditionnelle appartiennent à cette modalité. Cette oxydation n'implique pas forcément un engorgement ; ce peut être une altération d'éléments ferrugineux ou de minéraux ferrifères ;
- **de réduction** : tâches correspondant à la présence de composés réduits du fer. Les tâches sont colorées en gris verdâtre, gris bleuâtre, etc. Elles ne se voient bien qu'à l'ouverture de la fosse, puis disparaissent progressivement, en quelques heures ;
- **de dégradation** : traînées, pellicules ou mouchetures plus claires dues à la ségrégation granulométrique (disparition des argiles sur des agrégats relativement ou très argileux) ;
- **de décoloration** : taches plus claires que la matrice, le plus souvent dues à un départ de fer ;

II est par ailleurs rappelé que la notation de la « nature » des tâches fait appel tout d'abord à l'expérience du pédologue, en lui demandant d'interpréter immédiatement la nature des tâches : **il ne s'agit donc plus de description mais bel et bien d'interprétation**, et il peut être parfois gênant de faire intervenir cette interprétation, difficile, dans une rubrique de haut niveau hiérarchique.

12.1.2 Hydromorphie versus abondance de tâches :

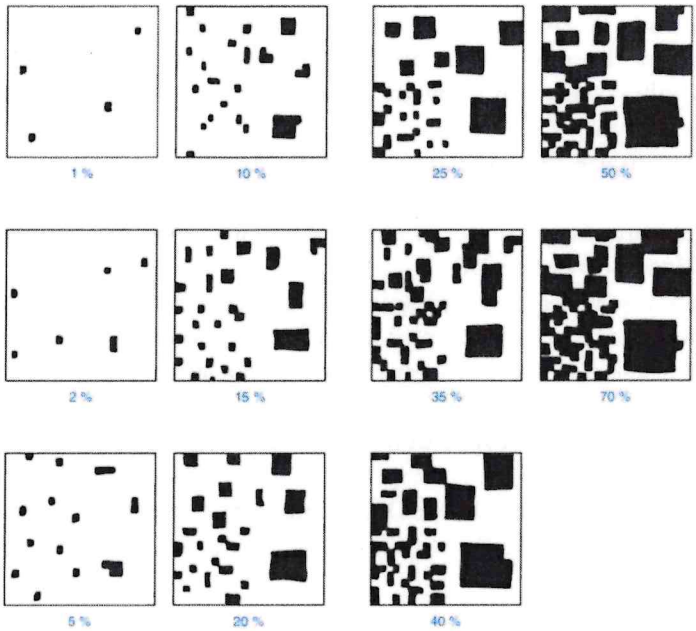


Figure 9.1. Chartes pour estimer le pourcentage de recouvrement de taches (ou nodules ou éléments grossiers) par unité de surface. Chaque quart de chacun des carrés présente la même surface de noir (d'après Folk [144]).

- « *Référentiel Pédologique* ; A.F.E.S ; 2008 »

  - Page 281 :

« Les traits d'oxydation, de déferrification, voire de réduction doivent couvrir plus de 5% de la surface de l'horizon. »

- « *Reconnaitre les sols de zones humides* ; D. BAIZE, Ch. DUCOMMUN ; 2014 »

  - Page « 94 » :

« Pour le Référentiel Pédologique, la surface cumulée des traits d'oxydation, des traits de déferrification et des traits de réduction doit couvrir plus de 5% de la surface de l'horizon vu en coupe (il existe des chartes pour aider à estimer ces propositions : chartes Munsell ; Baize et Jabiol, 2011 p. 102 ; FAO, 2006, p 30).
***La détermination de l'abondance des traits rédoxiques, dans certains cas, risque d'être entachée de beaucoup de subjectivité. C'est pourquoi il est toujours utile de connaitre le régime hydrique de chaque site étudié !** »*

12.1.3 Hydromorphie versus difficultés à la reconnaissance et la notation des signes d'hydromorphie :

Le diagnostic a priori des taches ou des plages de couleur comme étant des signes d'hydromorphie (choix de l'ISO dans un projet de norme de 1992) est certainement la plus grande difficulté dans la description des taches ou plages de couleur. **Les conséquences d'une erreur peuvent être graves pour l'interprétation du régime hydrique (chapitre 30), particulièrement lorsque la notation de la nature des tâches est un premier niveau hiérarchique de leur description.**
Des risques de confusion peuvent apparaître :

- lorsque des horizons bien drainés correspondent à des matériaux très pauvres en fer (p. ex. sables alluviaux du Rhin),

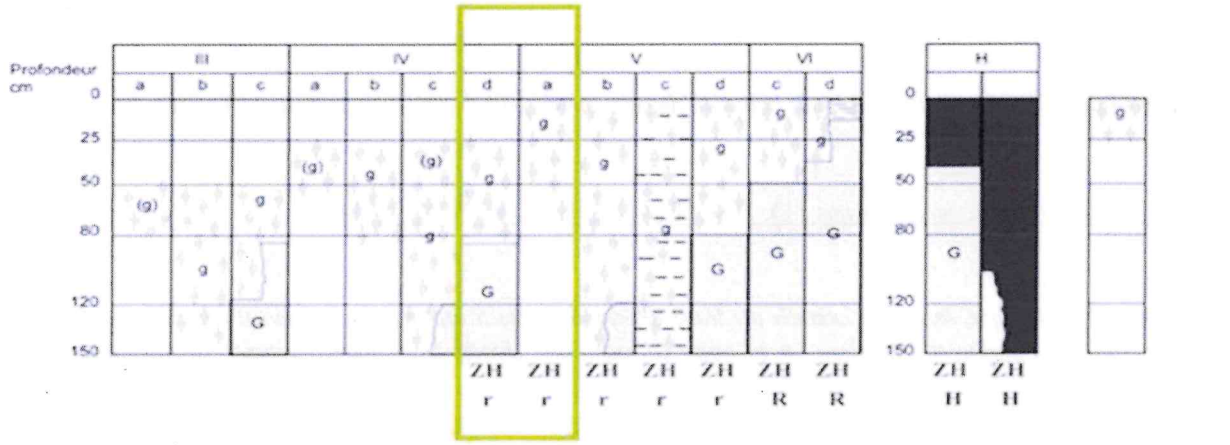
• il est impossible de distinguer l'un de l'autre les horizons réductique albique et rédoxique albique à partir de leur seule couleur (et même d'un horizon E de podzosol), ni même à partir d'un diagnostic colorimétrique puisque le fer est absent

• il ne faut pas oublier que des teintes verdâtres ou bleuâtres peuvent être dues à la **coloration initiale de matériaux parentaux de type marne ou argilite**. La bonne connaissance des matériaux parentaux et l'interprétation du solum dans son contexte géomorphologique permettent alors de ne pas attribuer ces teintes à de l'hydromorphie.

• **à la tarière, le pourcentage des tâches est difficile à estimer. On aura intérêt à s'en tenir à des classes suffisamment larges. Dans les niveaux argileux à veines grises, ocre ou blanches plus ou moins verticales, le pourcentage observé sur carotte peut être très trompeur et ne pas refléter la réalité de l'horizon dans son ensemble.**

• **Signes fossiles,** témoins de régimes hydriques passés : on observe des signes d'hydromorphie qui ne correspondent pas ou ne correspondent plus à un fonctionnement hydrique actuel suite au drainage agricole par l'homme ou suite à un changement de pédoclimat. Dans certains solums riches en fer, développés dans des argiles résiduelles de décarbonatation, **les revêtements noirs sur faces d'agrégats que l'on observe souvent ne correspondent pas à des engorgements actuels, tout au plus à un drainage interne un peu ralenti.** Ils correspondent à des phases climatiques anciennes plus humides (Ainsi, les « terres d'Aubue » des plateaux de Bourgogne [18] présentent des revêtements noirs au sein de leurs horizons argileux et pourtant leur ressuyage est, de nos jours, excellent et rapide).

12.1.4 Hydromorphie versus classes d'hydromorphie du GEPPA – 1981 :



Morphologie des sols correspondant à des "zones humides" (ZH)

(g)	caractère rédoxique peu marqué	(pseudogley peu marqué)
g	caractère rédoxique marqué	(pseudogley marqué)
G	horizon réductique	(gley)
H	Histosols R Réductisols	
r	Rédoxisols (rattachements simples et rattachements doubles)	

Exclusion possible par le préfet de région

D'après Classes d'hydromorphie du Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981)

Morphologie des sols correspondant à des « zones humides (cf. Arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009).

• À noter que l'arrêté du 1er octobre 2009 précise que « pour les sols dont la morphologie correspond aux classes IVd et Va [...] le préfet de région peut exclure l'une ou l'autre de ces classes et les types de sols associés, pour certaines communes, après avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel.
• Le cas présenté à l'extrême droite correspond à des engorgements temporaires limités à l'horizon de surface, dus à des tassements (p. ex. sous prairies, conséquence du piétinement par des bovins ou sur un sol cultivé par un tassement lié aux machines agricoles).

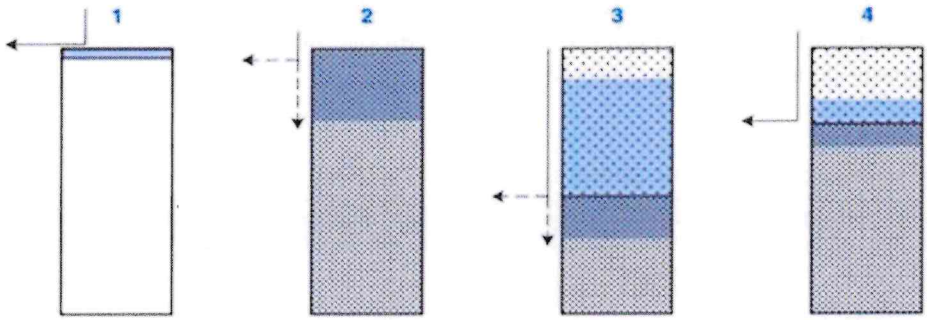
Réductisols, RÉDOXISOLS et autres solums à caractères hydromorphes (les histosols font l'objet d'un chapitre particulier).

Manifestations d'hydromorphie fonctionnelle **débutant à moins de 50 cm de profondeur.**			Manifestations d'hydromorphie fonctionnelle **débutant à plus de 50 cm de profondeur.**	
Processus d'oxydo-réduction jugés majeurs: • traits réductiques; • ou traits rédoxiques exclusifs sans autres caractères importants.		Présence d'horizons de référence associant des traits **rédoxiques** et d'autres caractères importants. Processus d'oxydo-réduction jugés non exclusifs ou secondaires.		
Rattachement simple au GER des réductisols et RÉDOXISOLS		**Rattachement double obligatoire ou recommandé ou rattachement à un autre GER**	**Solums à caractères hydromorphes, autres GER**	
Présence obligatoire d'horizons de référence G débutant à moins de 50 cm. Présence possible d'horizons An, H, -g ou g.	Présence obligatoire des horizons de référence g ou -g ou ga. G possible en profondeur (à plus de 50 cm).	Traits rédoxiques fonctionnels débutant à moins de 50 cm de la surface et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur sur au moins 50 cm d'épaisseur.	Traits rédoxiques ou réductiques fonctionnels débutant entre 50 et 80 cm.	Traits rédoxiques ou réductiques fonctionnels débutant entre 80 et 120 cm.
RÉDUCTISOLS TYPIQUES **RÉDUCTISOLS STAGNIQUES**	**RÉDOXISOLS**	Rattachement à des références incluant déjà la notion d'engorgement: • **PLANOSOLS TYPIQUES;** • **LUVISOLS DÉGRADÉS.** ou double rattachement: **LUVISOLS TYPIQUES-RÉDOXISOLS;** **FLUVIOSOLS TYPIQUES-RÉDOXISOLS;** **PÉLOSOLS TYPIQUES-RÉDOXISOLS**, etc.	Utilisation des qualificatifs: • rédoxique • ou réductique Exemples: • **FLUVIOSOL BRUNIFIÉ réductique;** • **LUVISOL TYPIQUE rédoxique.**	Utilisation des qualificatifs: • à horizon rédoxique de profondeur; • à horizon réductique de profondeur. Exemple: **BRUNISOL EUTRIQUE à horizon rédoxique de profondeur.**

12.1.5 Hydromorphie versus « nommer un solum et/ou un horizon à traits d'hydromorphie fonctionnels » :

Le tableau ci-dessus, issu du Référentiel Pédologique de 2008, indique les conditions nécessaires pour ajouter les adjectifs « surrédoxique », « rédoxisol », « rédoxique » et « à horizon rédoxique de profondeur » à un solum. La notion de profondeur d'apparition des traces d'oxydation étant essentielle.

Par ailleurs, toujours en accord avec le RP 2008, pour n'importe quel type d'horizon, le qualificatif « horizon ... rédoxique » ne peut être utilisé que lorsque les traces d'oxydation sont présentes sur au moins 50 cm d'épaisseur.

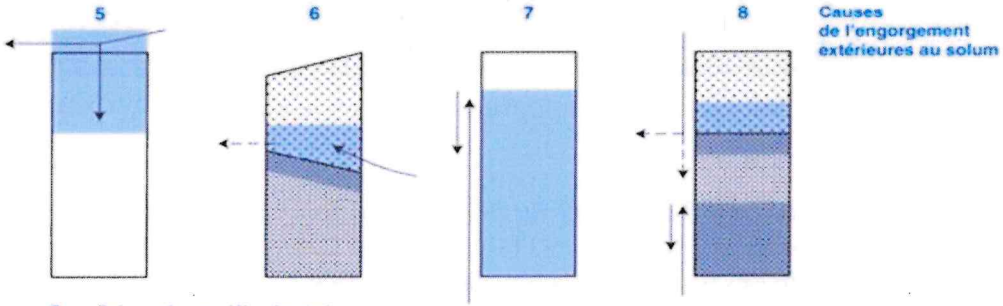


1 • **Défaut d'infiltration** de l'eau de pluie en surface, dû à des tassements, à la battance, etc.
• Flaques et stagnations en surface seulement
• Taches d'hydromorphie localisées sur les premiers centimètres (fréquent quand les horizons de surface sont limoneux)

2 • **Défaut de percolation** de l'eau de pluie dans l'ensemble du solum
• Saturation par **imbibition** capillaire à partir de la surface
• Solums argileux, à hydromorphie variable. Horizons rédoxiques –g

3 • **Défaut de percolation** de l'eau de pluie à partir d'une certaine profondeur : existence d'un **plancher**
• **Nappe perchée** (réductrice) temporaire à quasi permanente
• Horizons rédoxiques –g (plus rarement réductiques G, en cas de nappe permanente)

4 • **Défaut de percolation** de l'eau de pluie à partir d'une certaine profondeur : existence d'un **plancher**
• **Nappe perchée** (réductrice) temporaire à circulation « hypodermique » latérale rapide
• Passage brutal entre horizon Eg rédoxique et plancher (planosols)



5 • Submersion ou débordement
• Horizons inférieurs sains, sauf si superposition avec cas 6

6 • Arrivées latérales d'eau d'origine hydrogéologique (mouillères, sources)
• Engorgement temporaire ou permanent, circulation variable

7 • **Nappe d'origine souterraine**
• **Nappe permanente** circulante ou stagnante, oxygénée ou réductique, à battement variable
• Horizons non hydromorphes ou horizons réductiques Go ou Gr

8 • Nappes superposées = nappe perchée + nappe profonde
• Nappe temporaire + nappe permanente
• Horizons rédoxiques –g et réductiques G (RÉDOXISOL à horizon réductique de profondeur)

Remarque : le cas 1 peut se superposer aux autres cas

Horizons perméables
Horizons peu perméables
Horizons de perméabilité quelconque
Engorgement par nappes
Engorgement par imbibition

12.2 Les photos

Dans l'annexe V du « Guide pour la description des sols » il est proposé un chapitre intitulé ***« Conseils pour prendre des photographies de solum » :***

Même si la révolution de la photographie numérique est passée par là, photographier des solums n'est toujours pas aisé : les résultats sont souvent décevants. Certes, il est désormais possible de savoir, en quelques secondes, si le cliché qu'on vient de prendre est réussi ou non, **mais il demeure trois obstacles** :

- beaucoup de solums ne sont pas photogéniques, car offrant peu de contrastes de couleurs (p. ex. les néoluvisols) ;
- **une préparation soignée de la paroi à photographier nécessite beaucoup de temps, qu'il faut prendre si on veut réussir ses photographies** ;
- **l'éclairage doit être excellent**, si possible latéral (ce qui est rarement le cas ; cf. ci-après).

Les points clés sont :

- bien préparer la paroi de la fosse à photographier (chapitre 2) ;
- disposer d'un recul suffisant, sans avoir à sortir de la fosse, pour garder une prise de vue horizontale ;
- opérer le plus perpendiculairement possible au plan de la paroi qu'on veut photographier ;
- disposer d'un éclairage (naturel ou artificiel) suffisant et surtout homogène.

Il apparaît totalement illusoire de bénéficier d'une information pertinente à partir de photographies provenant d'échantillons de sol issus de tarière à main.

12.3 Les limites de l'utilisation d'une tarière

12.3.1 Tarière versus utilisation

Elle permet d'observer un solum beaucoup plus facilement et rapidement qu'en creusant une fosse. Le diamètre de la tête varie de 4 à 20 cm pour une **hauteur de 120cm** (pour les tarières ne disposant pas de rallonges). **Les diamètres les plus couramment utilisés pour la description des sols sont 7 et 8 cm**. Les tarières plus étroites ont une meilleure pénétration, **mais l'observation de la carotte est plus délicate** (à réserver aux personnes très expérimentées). Les tarières plus larges sont plus difficiles à enfoncer en présence d'horizons compacts ou de graviers. Les échantillons ainsi extraits sont modérément perturbés verticalement (respect des successions verticales) mais déformés et mélangés horizontalement ce qui se traduit par quelques artéfacts.

Certaines données ne peuvent jamais être décrites par "sondages-tarière" : structure, forme des limites, enracinement, état de la roche sous-jacente ...etc. d'autres ne peuvent être décrits qu'imparfaitement : abondance des éléments grossiers, tâches, profondeurs des limites des horizons. D'autres ne souffrent pas de la méthode : texture, couleur, humidité, effervescence.

Annexe II - Différents types de tarières

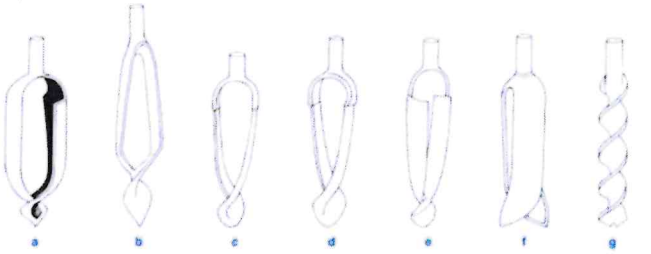


Figure A.II.3. Différents modèles de « têtes » de tarières.
a. Type Hélix (« française »)
b. Type « belge ».
c. Type Edelman normal.
d. Type Edelman intermédiaire.
e. Type Edelman pour sables.
f. Spécial pour horizons graveleux.
g. Mèche spiralée (diamètre 3 ou 4 cm).

Avec l'utilisation de la tarière, la notation en continu de ces caractères est illusoire, car le pédologue est limité par la précision possible de sa mesure ou, plutôt, de son estimation. Il est alors obligé d'utiliser des classes dont le nombre et l'intervalle sont limités par cette précision. La même remarque a été faite, après avoir vérifié par analyse et sur un grand nombre d'échantillons, que l'affectation sur le terrain d'un code d'effervescence trop précis perdait toute signification par rapport à la réalité (erreurs trop fréquentes d'affectation) [236]. ***Sont par exemple illusoires :***

- **la précision dans l'estimation des pourcentages de taches** ou des éléments grossiers à plus de 5–10 % près (des classes d'amplitude 10 % sont donc le minimum raisonnable) ;
- ou l'utilisation de plus de 6 classes pour l'effervescence (codées de 0 à 5).

De plus, lorsqu'on opère à la tarière, certaines classes sont **obligatoirement** encore plus larges :

- les pourcentages d'éléments grossiers ;
- **les pourcentages de taches (à 20–30 % près)** ;
- les profondeurs (à 5 cm près).

Les glossaires de description des sols prévoient des classes a priori, de nombre et d'amplitude imposés, pour certains caractères continus, qui deviennent ainsi des variables qualitatives ordonnées. Exemple de DoneSol 2.0 [359] pour des caractères estimés (table « horizon ») :

- abondance de la matière organique (7 classes, en %) ;
- dimension des pores (4 classes, en mm) [1] ;
- abondance des taches (5 classes, exprimées en % de recouvrement) ;
- abondance des racines (5 classes, nombre par dm^2) ;
- dimension des racines (5 classes, diamètre en mm).

12.4 Tolérance pour les critères numériques (Référentiel Pédologique 2008)

Les seuils d'épaisseurs ou de profondeurs présentés dans le *Référentiel Pédologique* sont indicatifs et ne doivent pas être employés mécaniquement. Outre une marge d'incertitude liée à l'observation et/ou à la mesure, le pédologue conserve une certaine marge de liberté vis-à-vis des valeurs proposées. Encore faut-il qu'il dispose d'arguments pédogénétiques ou fonctionnels pour faire jouer cette tolérance.

10 cm	± 5 cm = 5 à 15 cm
20 cm	± 5 cm = 15 à 25 cm
30 cm	± 5 cm = 25 à 35 cm
35 cm	± 5 cm = 30 à 40 cm
50 cm	**± 10 cm = 40 à 60 cm**
60 cm	± 10 cm = 50 à 70 cm
80 cm	± 15 cm = 65 à 95 cm
120 cm	± 20 cm = 100 à 140 cm
200 cm	± 30 cm = 170 à 230 cm

Tableau 2.1. Peut-on décrire tel caractère ou estimer telle propriété à l'aide de sondages à la tarière?

Chapitre		Difficulté
5	Découpage du solum en horizons	DIF et INC (1)
6	Hétérogénéité interne des horizons – Fond matriciel et traits pédologiques	DIF et INC
7	État d'humidité	POS
8	Couleurs	POS
9	Plages de couleur – Signes d'hydromorphie	DIF et INC (2)
10	Texture	POS
11	Éléments grossiers	POS (3) ou INC
12	Structure des horizons	IMP
13	Revêtements et traits pédologiques liés aux faces d'agrégats	IMP
14	Vides – Porosité	IMP
15	Propriétés mécaniques	INC (4)
16	Racines	INC ou IMP (5)
17	Effervescence à HCl – Calcaire	POS ou DIF (6)
18	Éléments dits « secondaires »	DIF ou INC (7)
20	Matières organiques	INC (8)
21	Traces d'activités biologiques et humaines	INC
23	Eau directement observable	POS ou INC (9)
24	Roche sous-jacente – Nature et état	DIF ou IMP (10)
25	Prélèvements	DIF
27	Interprétation pédogénétique des solums	DIF (*)
30	Diagnostics relatifs aux engorgements	DIF (*)
31	Diagnostic relatif au réservoir en eau	DIF ou IMP (11)
32	Dénomination des horizons et des solums	DIF (*)
33	Évaluation qualitative des couvertures pédologiques	DIF (*)

POS = possible sans difficultés. DIF = difficile.
INC = relevé obligatoirement incomplet ou peu précis. IMP = impossible.

(1) Impossible d'apercevoir poches, glosses, limites ondulées.
(2) Impossible pour formes, distribution; difficile pour le pourcentage de recouvrement.
(3) Possible seulement pour graviers et gravillons.
(4) Possible pour plasticité, adhésivité, compacité; impossible pour fragilité, friabilité.
(5) Seulement présence/absence... mais l'absence n'est pas forcément une réalité.
(6) En présence de graviers calcaires, impossible d'observer une effervescence localisée.
(7) Certains traits carbonatés n'apparaissent pas (p. ex. encroûtement non induré).
(8) Seulement par la couleur.
(9) Difficile d'observer et de localiser les suintements.
(10) Impossible de faire la différence entre une pierre isolée et une roche dure continue.
(11) Nécessite l'estimation de la profondeur d'enracinement maximum.
(*) Nécessite une grande expérience.

(9) Les plages de couleurs et les signes d'hydromorphies sont identifiées difficiles et le relevé est obligatoirement incomplet ou peu précis.
(30) Les diagnostics liés aux engorgements sont difficiles et nécessitent une grande expérience.

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité

CHARTE D'ENGAGEMENT DES BUREAUX D'ÉTUDES

dans le domaine de l'évaluation environnementale

PRÉAMBULE

Cette charte définit les engagements pris par les bureaux d'études intervenant dans le domaine des évaluations environnementales.

Le terme « bureau d'études » doit se comprendre, au sens de la présente charte, comme toute entité, quel que soit son statut juridique, réalisant entièrement ou partiellement ces évaluations.

Le terme « évaluation environnementale » correspond notamment à l'évaluation des incidences des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics ou privés, permanents ou temporaires, et des plans et programmes susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement. Entrent par exemple dans le champ de l'évaluation environnementale, les études d'impact visées à l'article L 122-1 du code de l'environnement, l'évaluation des incidences des plans et programmes visée à l'article L 122-4 du code de l'environnement, les évaluations environnementales prévues à l'article LI04-I du code de l'urbanisme, ainsi que le document d'incidences requis au titre de la loi sur l'eau prévu à l'article RI81-14 du code de l'environnement et l'évaluation des incidences Natura 2000 visée à l'article L414-4 du code de l'environnement. Le terme générique de « projet » est utilisé dans la présente charte et recouvre donc les projets, plans et programmes.

Le terme « maître d'ouvrage » correspond à une personne physique ou morale, publique ou privée, initiatrice d'un projet et confiant au bureau d'études la réalisation de l'évaluation environnementale de ce projet. Pour le bureau d'études, il est le client, le donneur d'ordre, il correspond, le plus souvent, à l'entité souhaitant élaborer une évaluation environnementale, que celle-ci entre ou non dans le cadre d'une obligation réglementaire.

Le bureau d'études est un des acteurs de la chaîne d'évaluation des incidences des projets répondant à une demande d'un maître d'ouvrage. Ces évaluations sont notamment examinées par une autorité environnementale définie ou LI22-I et au RI22-6 du code de l'environnement donnant un avis rendu public. Elles permettent également de consulter et d'informer le public, par exemple lors d'une enquête publique ou de leur mise à disposition.

Les attentes de chacun de ces acteurs doivent co-incider pour établir une confiance réciproque et assurer la maîtrise des délais et des coûts dans une perspective d'éviter, réduire ou compenser les incidences de ce projet.

Cette charte a pour ambition de définir des engagements pris par les bureaux d'études afin de contribuer à satisfaire, en toute transparence, les attentes des maîtres d'ouvrage et des représentants des autorités administratives amenées à donner leur avis sur l'évaluation environnementale.

1. Garantir l'indépendance
2. Assurer un devoir de conseil et la confidentialité
3. Travailler en toute transparence
4. Proposer des moyens adaptés
5. Identifier les compétences adaptées
6. Mobiliser des compétences adaptées
7. Disposer d'une capacité en organisation en gestion de projet et d'un suivi de la qualité
8. Être responsable

Fait le 13/01/2023

Pour le Commissariat général au développement durable

Thomas LESUEUR,
Commissaire général
au développement durable

Pour ATMO DRAINAGE ET HYDRAULIQUE AGRICOLE

ATMO
Drainage et Hydraulique agricole
175 Rue du Général Guyot
39140 VILLEVIEUX
M. BAUSSAY Florent
Chargé de projets

