

Les bases de données sur les sols au service des politiques publiques

Exemple des zones humides

B. Laroche^(1*), E. Thiry⁽²⁾, N. Schnebelen⁽¹⁾, J.P. Chenu⁽¹⁾, J. Moulin⁽³⁾ et M. Bardy⁽¹⁾

- 1) INRA, US1106 InfoSol, F-45075 Orléans, France
- 2) MEDDE, Direction de l'eau et de la biodiversité, sous-direction des espaces naturels, Arche de La Défense, 92055 La Defense Cedex, France
- 3) Chambre d'Agriculture de l'Indre, 24 rue des Ingrains, 36000 Châteauroux, France

* : Auteur correspondant : bertrand.laroche@orleans.inra.fr

RÉSUMÉ

Les zones humides apparaissent aujourd'hui de par leurs fonctions comme un enjeu fort dans les politiques publiques conduites au niveau européen ou national. De ce fait, de nombreux mécanismes réglementaires se sont mis en place pour contribuer à leur préservation. Un des exemples est l'arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1^{er} octobre 2009, applicable en France métropolitaine et en Corse, qui précise les différents critères de définition et de délimitation des zones humides : à partir du sol, de la végétation ou des habitats. L'identification et la délimitation des zones humides restent complexes ; celles-ci ne se limitent pas, comme on pourrait le penser trop facilement, aux bas-fonds alluviaux où se mêlent essentiellement REDUCTISOLS et HISTOSOLS. Pour pouvoir identifier puis délimiter une zone humide à partir du critère sol, l'arrêté du 24 juin 2008 modifié prévoit l'utilisation de données et cartes pédologiques existantes et des investigations sur le terrain si nécessaire. Cet article a pour but de montrer comment les données acquises depuis de nombreuses années au format national DoneSol dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (Gis Sol) peuvent être mobilisées sur cette thématique. Il a aussi pour objectifs d'en discuter les limites.

Mots clés

Zones humides, bases de données, sol, DoneSol, IGCS, Gis Sol.

SUMMARY**SOIL DATABASES FOR THE IMPLEMENTATION OF PUBLIC POLICIES : the example of wetlands**

Given their environmental functions, the preservation of wetlands is a major issue for national and European policies. Regulatory mechanisms have already been set up for this purpose. In France, the 2008, June 24th decree modified by the 2009, October 2nd decree, clarifies different criteria for the identification and delimitation of wetlands : as regards soils, vegetation and habitats. Identifying and delimiting wetlands remain difficult as wetlands are not restricted to alluvial shallow made of gley and peat. To identify and delimitate wetlands according to the soil criteria, the 2008, June 24th decree foresees the use of available pedological maps and data as well as complementary field investigations. This paper shows how data collected in the DoneSol national database set up by Gis Sol can be used in this frame. It also discusses their potentials and limitations.

Key-words

Wetlands, Databases, soil, DoneSol, IGCS, Gis Sol.

RESUMEN**LAS BASES DE DATOS SOBRE SUELOS AL SERVICIO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS : ejemplo de las zonas húmedas**

Las zonas húmedas aparecen hoy en día, por parte de sus funciones, como un desafío fuerte en las políticas públicas conducidas al nivel europeo o nacional. Así, se instalaron numerosos mecanismos reglamentarios para contribuir a su preservación. Uno de los ejemplos es el decreto del 24 de Junio de 2008 modificado el 1 de octubre de 2009, aplicable en Francia metropolitana y en Córcega, que precisa los diferentes criterios de definición y de delimitación de las zonas húmedas : a partir del suelo, de la vegetación o de los hábitats. La identificación y la delimitación de las zonas húmedas quedan complejas ; ellas no se limitan, como se piensa muy fácilmente, a las zonas bajas aluviales donde se mezclan esencialmente REDUCTISOLS y HISTOSOLS. Para poder identificar y luego delimitar una zona húmeda a partir del criterio suelo, el decreto del 24 de junio de 2008 modificado prevé la utilización de datos y mapas pedológicos existentes y de investigaciones de terreno si necesario. Este artículo tiene como objetivo mostrar como los datos adquiridos desde numerosos años al formato Donesol en el cuadro de la Agrupación de Interés Científico (Gis Sol) pueden movilizarse sobre esta temática. Tiene también como objetivos discutir los límites.

Palabras clave

Zonas húmedas, bases de datos, suelo, Donesol, IGCS, Gis Sol

Les zones humides interviennent dans la régulation des crues, la limitation de l'érosion, l'épuration des eaux ou le stockage du carbone. Les zones humides naturelles ou semi-naturelles présentent une grande richesse d'habitats et d'espèces, souvent rares ou menacées. Compte-tenu de la richesse des services qu'elles rendent (Millenium Ecosystem Assessment, 2005 - Aoubid *et al.*, 2010), la préservation des zones humides constitue aujourd'hui un enjeu fort à l'échelle internationale, considéré comme « d'intérêt général » par la loi française (code env., art. L. 211-1-1).

Au niveau international, la préservation des milieux humides fait l'objet de la convention de Ramsar, établie dès 1971. Cet objectif est repris dans de nombreuses politiques, au niveau européen comme au niveau national : Directive cadre sur l'eau, Directive Habitats Faune Flore, Stratégie nationale pour la biodiversité, etc. (MEDDM, 2010). Deux plans nationaux d'action en faveur des zones humides ont été mis en place successivement en 1995 et 2010 par le ministère chargé de l'écologie, et de nombreux outils contribuent à la préservation des zones humides : SDAGE, SAGE, etc. (MEDDM, 2010).

L'ensemble de ces politiques et outils nécessite de localiser, et donc de délimiter les zones humides. L'article L. 211-1 du code de l'environnement en donne la définition en droit français : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Cette définition est le socle sur lequel doivent se fonder les différents inventaires et cartes de zones humides. L'arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1^{er} octobre 2009, applicable en France métropolitaine et en Corse, précise les différents critères de définition et de délimitation des zones humides : à partir du sol, de la végétation ou des habitats. Des zones peuvent être humides sans présenter de végétation ou d'habitats spécifiques de zones humides. L'identification des zones humides à partir des sols est donc de première importance.

La délimitation des zones humides selon le critère sol de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié se déroule en plusieurs étapes, dont la première consiste généralement à examiner les cartes pédologiques existantes (MEDDE et Gis Sol, 2013 ; Perrineau *et al.*, 2013). Cette connaissance spatiale des sols est parfois complétée par une base de données. Au niveau français, le Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol) soutient et coordonne l'acquisition de données d'inventaire cartographique de sols au format national DoneSol. Il met pour cela à disposition de nombreux partenaires un système d'information multi-échelles permettant de capitaliser cette information, en vue de la réalisation de cartographies et d'exploitations thématiques.

Sur la base de l'analyse du critère pédologique de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié, cet article a pour objet de présenter et discuter l'exploitation qui peut être faite des données acquises au format DoneSol au service de l'identification et de la délimitation des zones humides.

LE CRITÈRE « SOL » DE L'ARRÊTÉ DU 24 JUIN 2008 MODIFIÉ

L'arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1^{er} octobre 2009 explicite les critères et précise les méthodes d'identification et de délimitation des zones humides à partir du critère sol (*figure 1*). Ces dernières s'appuient sur la mise en œuvre de protocoles de terrain qui peut mobiliser les données et de cartes pédologiques disponibles. La législation propose ainsi une définition relativement objective, utilisable partout, même là où il n'y a pas ou peu de végétation naturelle.

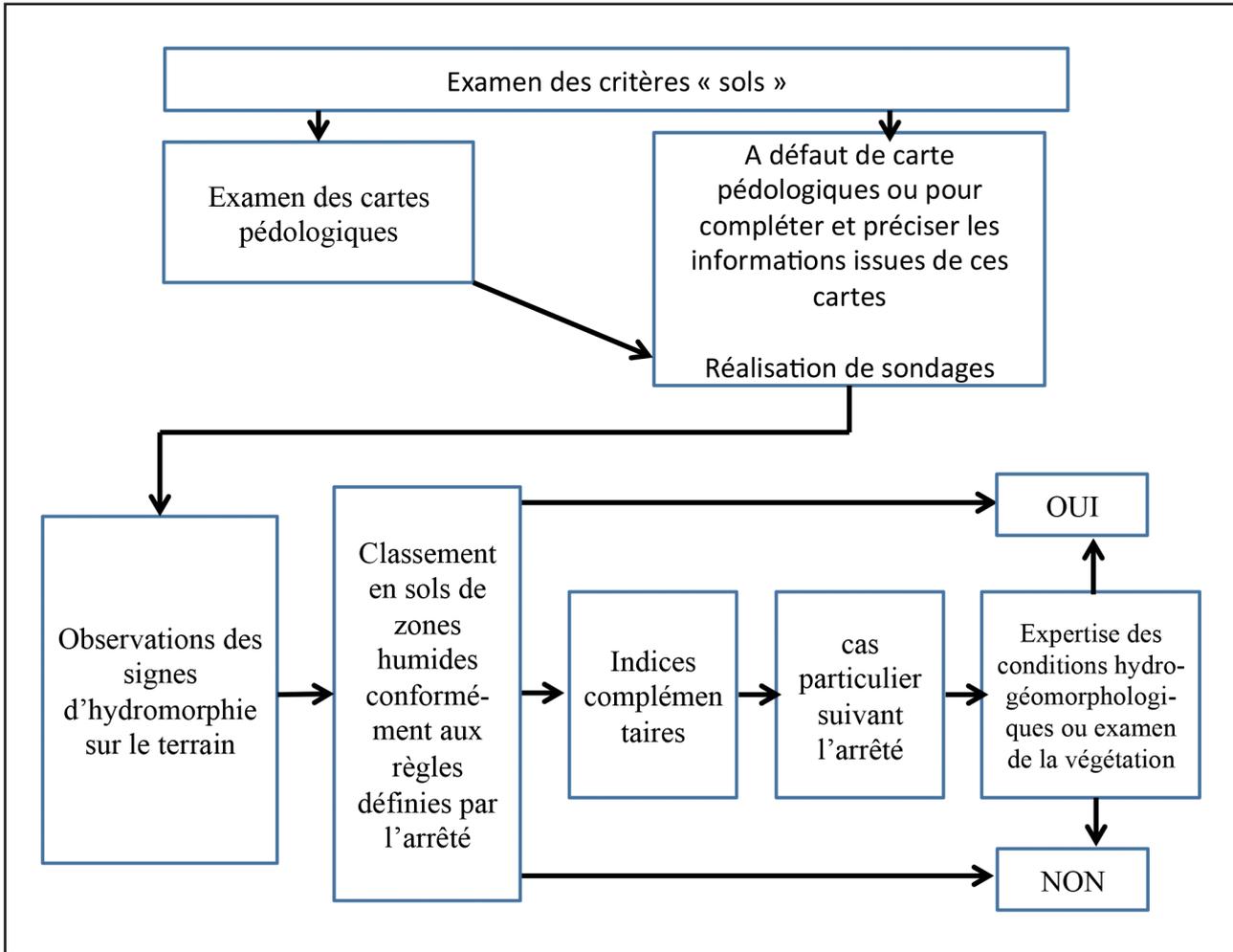
L'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1^{er} octobre 2009 s'appuie sur une règle générale d'identification des sols de zones humides basée sur la morphologie des sols, à laquelle s'ajoutent des cas particuliers correspondant aux sols dans lesquels l'excès d'eau prolongé ne se traduit pas par des traits d'hydromorphie facilement reconnaissables et pour lesquels une expertise des conditions hydrogéomorphologiques est nécessaire. Le classement des types de sols est déduit de leur classe d'hydromorphie (*figure 2*). Il est issu d'un travail mené par le Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981) qui a été depuis modifié et complété.

Ainsi, conformément à l'annexe I de l'arrêté du 24 juin 2008 :

« 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 de la *figure 2* ;
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 modifié (*figure 2*) ;
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 modifié (*figure 2*) ;
 - 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 modifié (*figure 2*).

L'application de cette règle générale conduit à la liste des types de sols présentée dans le *tableau 1*. 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

Figure 1 - Méthodes d'identification et de délimitation des zones humides.**Figure 1** - General approach to identify and delimit wetlands.

pédologique nécessaire pour définir un sol de zone humide est précisée à côté de la dénomination. »

Plusieurs guides ont été publiés en complément, avec notamment des descriptions détaillées de chacun de ces types de sol (MEDDE et Gis Sol 2013, AERMC, 2013).

LA BASE DE DONNÉES DONESOL

Présentation générale

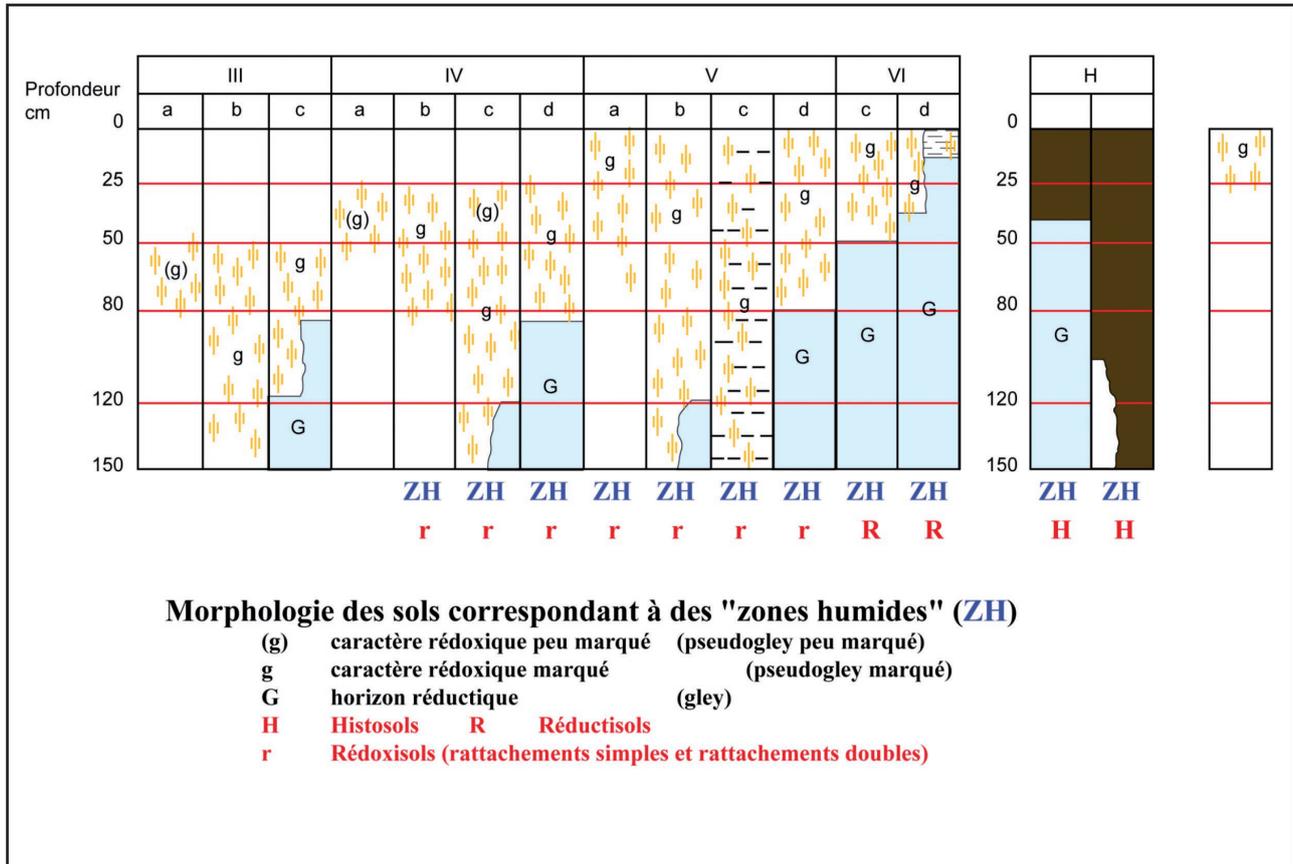
Le système national de gestion des données sur le sol est appelé DoneSol (figure 3). Cette structure unique et multi-échelle permet de stocker toutes les informations relatives au sol. Support des programmes d'acquisition de données du Gis Sol, elle est

conforme à la norme NF X31-560 qui fixe les règles de l'acquisition et de la gestion informatique de données pédologiques en vue de leur utilisation en cartographie des sols. Le dictionnaire de données DoneSol (Inra - US 1106 InfoSol, 2013) est disponible sur le site du Gis Sol.

Les données d'inventaire de sols, ponctuelles et surfaciques, associées aux cartes pédologiques peuvent être capitalisées au sein de la base de données DoneSol, en définissant et en décrivant les Unités Cartographiques de Sols (UCS) et les Unités Typologiques de Sols (UTS) qui composent la carte de sols. Les UCS sont constituées par un ou plusieurs types de sols (ou UTS). Leur nombre est fonction de la complexité du milieu et de l'échelle de représentation de la carte. A grande échelle (1/10 000 à 1/25 000), les unités cartographiques sont généralement simples, composées d'une seule UTS. A moyenne et petite échelles (1/50 000 à 1/250 000), les unités cartographiques sont com-

Figure 2 - Classes d'hydromorphie. Les classes Vb, Vc, Vd, VI, H correspondent à des sols de zones humides ; les classes IVd et Va peuvent être exclues par le préfet de région après avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel.

Figure 2 - Hydromorphy classes. Vb, Vc, Vd, VI, H classes correspond to wetlands ; IVd and Va classes can be excluded by the Prefect of the Region on the advice of the of the regional scientific committee for natural heritage.



plexes (hétérogènes), constituées d'une ou plusieurs UTS dont les contours individuels ne peuvent être représentés à l'échelle considérée ; en revanche leur mode d'organisation spatiale ainsi que le pourcentage relatif de surface au sein de l'UCS sont définis dans la base de données (figure 4). Chaque UTS est caractérisée par des strates, identifiées de la surface vers la profondeur, qui sont décrites par des variables quantitatives et qualitatives. Ces dernières sont mobilisées pour identifier si les types de sols correspondent ou non à des sols de zones humides.

DONESOL ET LA PROBLÉMATIQUE D'IDENTIFICATION ET DE DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES

Champs DoneSol spécifiques à l'identification des sols de ZH

La délimitation des sols de zones humides nécessite d'identifier, au préalable d'une validation sur le terrain, quelles sont les UCS, et donc les UTS présentant des caractéristiques de sols de zones humides suivant l'arrêté du 24 juin 2008, modifié par l'arrêté du 2 octobre 2009. Compte-tenu de la définition des types de sols de zones humides, les champs ou paramètres de DoneSol (Inra - US 1106 InfoSol, 2013) qui permettent d'identifier les sols de zones humides au niveau des données surfaciques sont ceux listés dans le *tableau 2*.

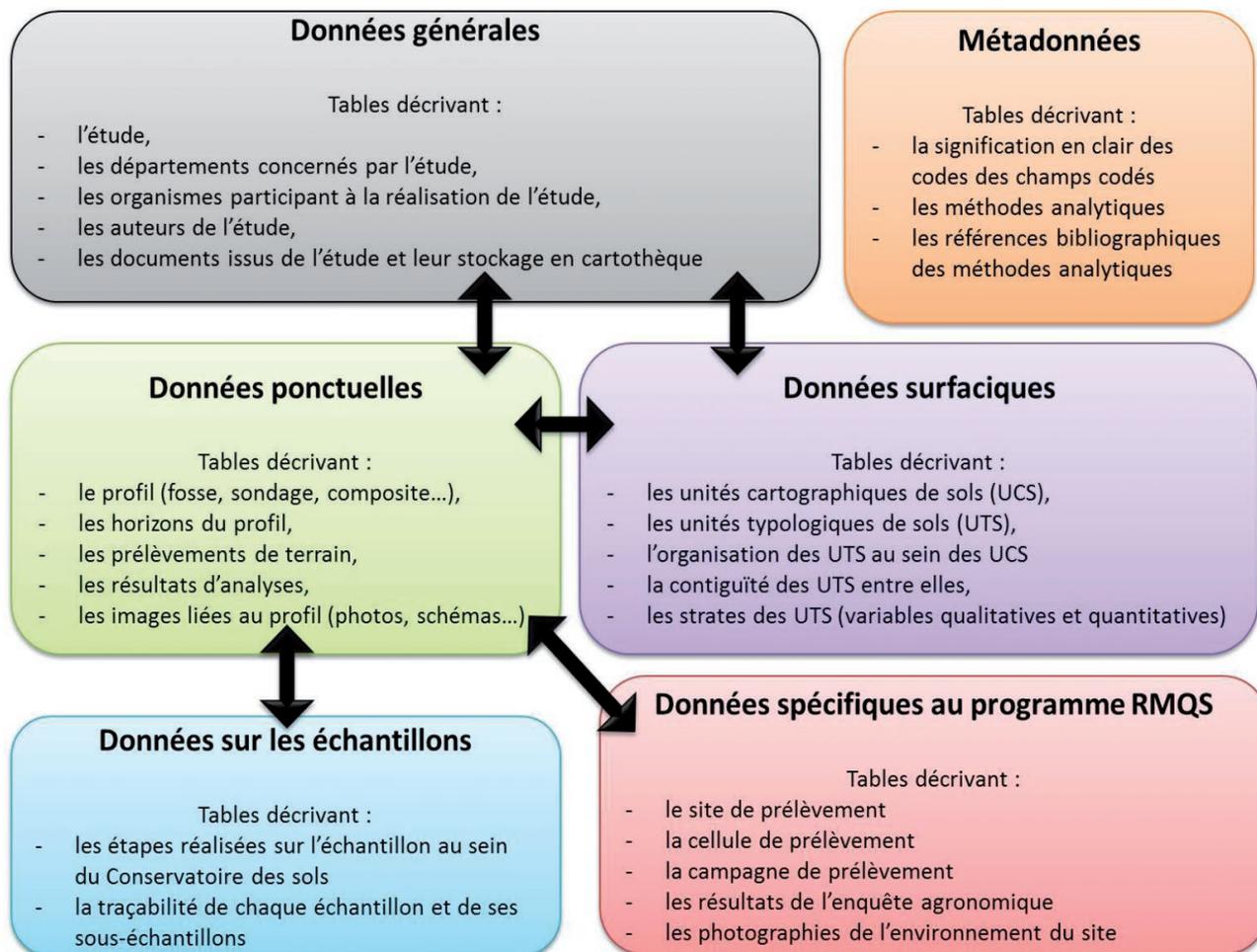
Tableau 1 - Annexe 1 de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 2 octobre 2009 : liste des types de sols de zones humides
Table 1 - Appendix 1 of the 2008, June 24th decree modified by the 2009, October 2nd decree : list of the wetlands soil types

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 (<i>pro parte</i>)	Traits rédoxiques débutant à moins de 25 cm de la surface et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur ou traits rédoxiques débutant à 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)	
		Fluvisols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (<i>pro parte</i>).		Aucune
		Thalassosols - Rédoxisols (1) (toutes références de)(<i>pro parte</i>)		Aucune.
		Planosols Typiques (<i>pro parte</i>)		Aucune.
		Luvisols Dégradés - Rédoxisols (1) (<i>pro parte</i>)		Aucune.
		Luvisols Typiques - Rédoxisols (1)(<i>pro parte</i>)		Aucune.
		Sols Salsodiques (toutes références de).		Aucune.
		Pélosols - Rédoxisols (1) (toutes références de) (<i>pro parte</i>)		Aucune.
		Colluviosols - Rédoxisols (1) (<i>pro parte</i>)		Aucune
		Fluvisols (présence d'une nappe peu profonde circulante et très oxygénée)	Aucune.	Expertise des conditions hydrogéomorphologiques (cf. § « Cas particuliers » ci-après)
		Podzols humiques et podzols humoduriques	Aucune	Expertise des conditions hydrogéomorphologiques (cf. § « Cas particuliers » ci-après)

(1) Rattachements doubles, ie rattachement simultané à deux « références » du Référentiel Pédologique (par exemple Thalassosols - Réductisols).

Figure 3 - Schéma simplifié de la base de données DoneSol.

Figure 3 - Simplified DoneSol data model.



L'identification des UTS de sols de zones humides ne se fait qu'à partir des valeurs modales des strates dans le cas présent. Compte-tenu de la structure de DoneSol, il aurait été possible de travailler sur la variabilité des informations contenues au niveau des UTS et des strates : i) les valeurs minimales de profondeur d'apparition des taches d'hydromorphie, ii) les valeurs secondaires ou mineures de l'abondance des taches... Ces informations présentes dans la base de données pourraient être mobilisées pour aller plus finement dans la caractérisation des sols de zones humides correspondant à l'arrêté.

Extraction des UTS présentant des caractéristiques de sols de zones humides

L'extraction et la combinaison de ces différents paramètres grâce à des requêtes développées au sein de l'unité Inra InfoSol

permettent d'attribuer une « classe » d'hydromorphie du GEPPA à chaque type de sol ou UTS, et ainsi d'identifier les UTS présentant des caractéristiques de sols de zones humides. Ces requêtes, rédigées en langage SQL, s'appuient sur l'interrogation des tables UTS, STRATE et STRATE-QUAL de DoneSol et permettent de classer les UTS en trois catégories : 1) Sols de zones humides, 2) Sols de zones non humides, 3) Cas particuliers. Schématiquement, ces requêtes analysent les UTS d'une étude pédologique de la façon suivante :

- i. elles classent l'ensemble des UTS ayant comme dénomination RP 1995 ou RP 2008 REDUCTISOL ou HISTOSOL en « Sols de zones humides » ;
- ii. elles classent en « Sols de zones humides » les UTS présentant au moins une des caractéristiques pédologiques suivantes :
 - présence de traits rédoxiques débutant à moins de 25 cm de la surface et se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur,

Figure 4 - Exemple de délimitation en Unités Cartographiques de Sols (UCS) comprenant chacune plusieurs Unités Typologiques de Sols (UTS).

Figure 4 - Exemple of delimitation in Soil Map Units (SMU) including each several Soil Typological Units (STU).

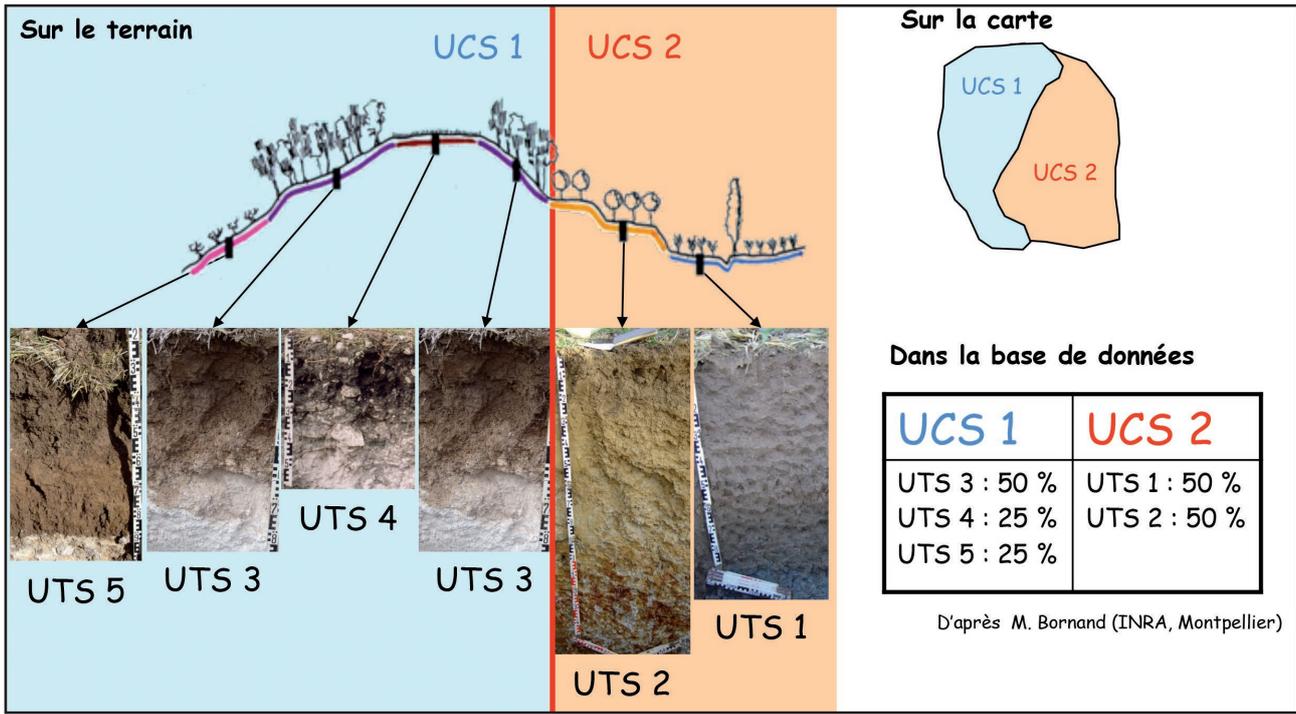


Figure 5 - Requête sélectionnant l'ensemble des UTS ayant comme dénomination RP 1995 ou RP 2008 « HISTOSOL » et classement en « Sols de zones humides »

Figure 5 - Request for the selection of STU with a RP 1995 or RP 2008 « HISTOSOL3 » denomination and their classification as « Wetland soils »

```

(
--
-- Recherche des HISTOSOLS et classification en type 1
--

SELECT id_uts , 1 as zh → Classement en trois classes
FROM
(SELECT id_uts
FROM data.uts → Table requêtée: UTS (types de sols)
WHERE
(rp_95_ger in ('58','59','60','61','62','63','64','65')
OR rp_2008_ger in ('70','71','72','73','74','75')
OR rp_95_nom ilike 'HISTOSOL%'
OR rp_2008_nom ilike 'HISTOSOL%'
)
)
)
)

UNION → Combinaison des différentes requêtes

etc ... → Requetes sur les autres types de sols
définis dans l'arrêté et classement selon la grille GEPPA
    
```

Tableau 2 - Champs DoneSol permettant l'identification des sols de zones humides.**Table 2** - DoneSol fields allowing the identification of wetlands.**Table Unités Cartographiques de Sols (UCS)**

- id_etude (UCS) ou no_etude : Numéro de l'étude dans la base de données.
- id_ucs (UCS) ou no_ucs : Numéro de l'UCS tel que répertorié dans la partie graphique. Lien entre la couche graphique et la base sémantique.
- surf_unit (table UCS) : Surface de l'UCS.

Table Unités Typologiques de Sols (UTS)

- id_uts (UTS) : Numéro de l'UTS, lien entre toutes les variables associées au type de sol.
- RP_95_GER ou RP_2008_GER (UTS) : Nom du type de sol (niveau de la Référence) en classification française Référentiel Pédologique pour l'UTS.
- appar_h_mod (UTS) : Profondeur moyenne d'apparition de l'horizon tourbeux H (en cm).
- appar_gr_mod (UTS) : Profondeur moyenne d'apparition de l'horizon réductique permanent Gr (ou gley) (en cm).
- appar_go_mod (UTS) : Profondeur moyenne d'apparition de l'horizon réductique temporaire Go (ou gley temporairement réoxydé) (en cm).
- appar_g_mod (UTS) : Profondeur moyenne d'apparition de l'horizon rédoxique g (ou pseudogley) (en cm).
- niveau_nap_mod (UTS) : Profondeur du niveau maximum (le plus proche de la surface) supposé de la nappe d'eau souterraine (en cm).

Table de relation entre Unités Cartographiques de Sols et Unités Typologiques de Sols (L_UCS_UTS)

- pourcent (L_UCS_UTS) : Pourcentage de l'UTS dans l'UCS.

Table d'affectation des strates (horizons synthétiques) aux UTS (STRATE)

- no_strate (STRATE) : Numéro de la strate dans l'UTS, en fonction de son ordre d'apparition à partir de la surface.
- prof_appar_moy (STRATE) : Profondeur moyenne d'apparition de la strate dans l'UTS Sol (en cm).
- epais_moy (STRATE) : Epaisseur moyenne de la strate dans l'UTS (en cm).
- nom_strate (STRATE) : Nom détaillé de la strate selon la classification de notation des horizons choisie.

Table de description des variables caractéristiques des strates (STRATE_QUAL)

- abondance_tache_oxy (STRATE_QUAL) : Abondance (en % de recouvrement) des taches d'oxydation de la strate.
- abondance_tache_red (STRATE_QUAL) : Abondance (en % de recouvrement) des taches de réduction de la strate.

- présence de traits rédoxiques débutant à moins de 50 cm de la surface, se prolongeant ou s'intensifiant en profondeur, et présence d'un horizon réductique de profondeur (entre 80 cm et 120 cm) ;

- iii. elles classent l'ensemble des UTS ayant comme dénomination RP 1995 ou RP 2008 FLUVIOSOL rédoxique, FLUVIOSOL-REDOXISOL, PODZOSOL humique ou PODZOSOL humodurique en « Cas particuliers ».
- iv. elles classent l'ensemble des autres UTS en « Sols de zones non humides ».

Un extrait de ces requêtes est présenté sur la *figure 5*.

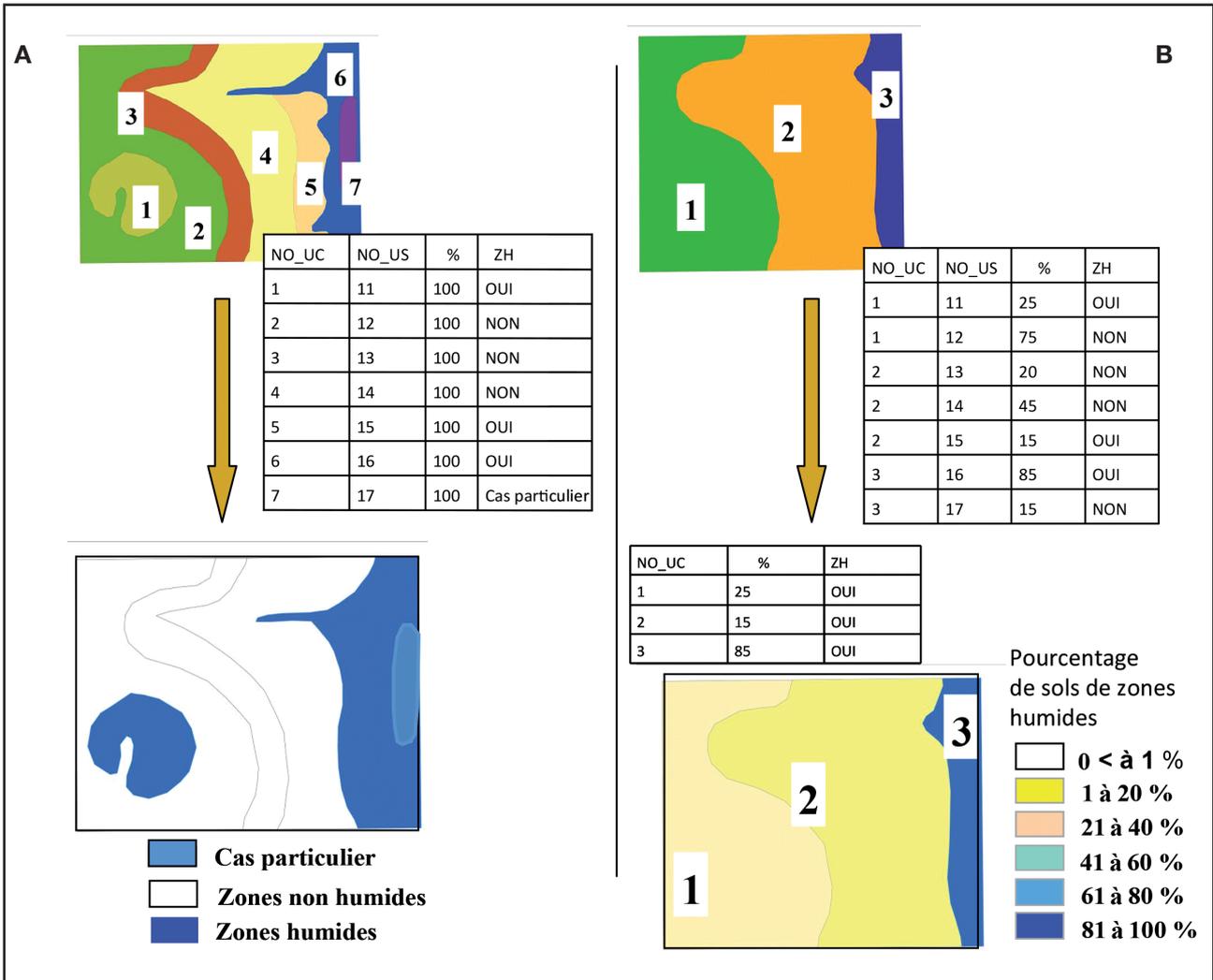
Principes de cartographie des sols de zones humides à partir d'une base de données DoneSol

L'information ainsi extraite et « classée » pour chaque UTS peut alors être spatialisée par le lien qui est fait avec les UCS via la table L_UCS_UTS. (*figure 3*). La cartographie des sols de zones humides à partir d'une base de données DoneSol est illustrée de façon théorique sur la *figure 6*.

Dans le cas des études à grande échelle, l'UTS représente généralement 100 % de l'UCS, elle est dite simple (composée d'une seule UTS). Le traitement est alors simplifié, puisque chaque plage cartographique (ou UCS) est classée de la même façon que l'UTS qui la compose (cas A de la *figure 6*).

Figure 6 - Cartographie des sols de zones humides. Cas des UCS simples (A), et cas des UCS complexes (B).

Figure 6 - Wetlands map : simple Soil Map unit (A), complex Sol Map Unit (B).



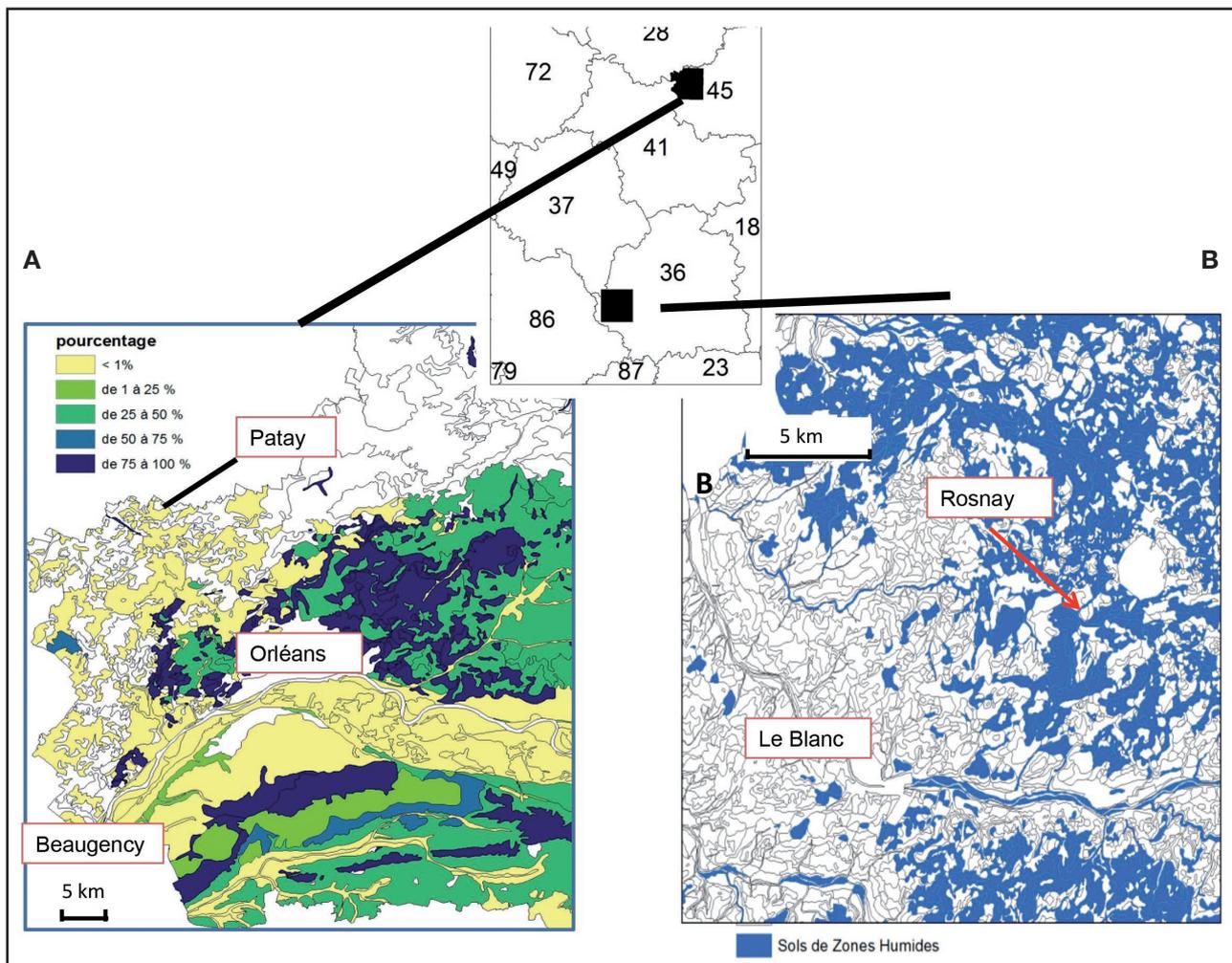
Dans le cas des études de petites échelles (cas des Référentiels Régionaux Pédologiques - RRP - au 1/250 000), les UTS ne peuvent généralement pas être représentées graphiquement, elles sont nécessairement regroupées dans des ensembles plus importants. Les UCS sont dites complexes et donc composées de plusieurs UTS avec des caractéristiques qui peuvent être différentes. Après le classement effectué au niveau des UTS, seulement une partie de l'UCS peut être classée en « sols de zones humides ». Par conséquent, les contraintes liées à la restitution cartographique mènent à représenter les sols de zone humide sous la forme d'un pourcentage (Cas B de la figure 6, où l'UCS 1 ne contient par exemple que 25 % de « Sols de zones humides »). L'obtention d'informations plus précises au niveau cartographique nécessitera un retour sur le terrain ou la mise en œuvre de méthodes de cartographie numérique (Lemerrier et al., 2013).

EXEMPLES D'APPLICATIONS POUR LA DÉLIMITATION DES SOLS DE ZONES HUMIDES

Deux exemples d'utilisation des bases de données produites dans le cadre du programme IGCS pour localiser les zones où seront préférentiellement identifiés les sols de zones humides sont présentés ci-dessous. Ils concernent d'une part un extrait du RRP du Loiret (Richer de Forges A., 2008) (cas A de la figure 7) et une partie du département de l'Indre, pour lequel une cartographie des sols à 1/50 000, avec une UTS par UCS (UCS dite simple), est disponible sur l'ensemble de son territoire (Carte des sols du département de l'Indre © CDA36/INRA) (Moulin et al., 2011) (cas B de la figure 7). Compte-tenu des échelles de représentation

Figure 7 - Exemples d'application des critères de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 2 octobre 2009, à deux échelles différentes - A : RRP du Loiret (1/250 000) ; B : base de données au 1/50 000 de l'Indre.

Figure 7 - Examples of the application of the criteria of the June 24th decree modified by the 2009, October 2nd decree at two different scales - A : RRP of the Loiret (1/250 000), B : 1/50 000 database of the Indre.



employée, une vérification sur le terrain est toujours nécessaire.

La figure 7 (A) montre le cas des unités complexes (1 UCS définie par plusieurs UTS). Elle permet de représenter par des pourcentages la présence de sols de zones humides. La Sologne apparaît avec un pourcentage très important sur la partie Sud de la carte, à plus faible pourcentage sur les terrasses de la Loire. Se dégagent très nettement de la Beauce l'Orléanais et son pourtour très argileux.

Le cas B de la figure 7 présente les unités de sols présentant des sols de zones humides. Outre les plaines alluviales qui sont bien identifiées, les plateaux limoneux du sud de la carte présentent aussi les caractéristiques de sols de zones humides. De même, la région naturelle de la Brenne est bien identifiée dans la partie nord-est de la carte. Il s'agit principalement de

PLANOSOLS, RÉDOXISOLS et BRUNISOLS-RÉDOXISOLS développés dans les formations détritiques du Tertiaire.

DISCUSSION

Pour l'identification puis la délimitation des zones humides à partir du critère sol, l'arrêté du 24 juin 2008 modifié prévoit l'utilisation de données et cartes pédologiques existantes, mais des investigations sur le terrain restent nécessaires. Une liste des études pédologiques sur les sols disponibles sur un secteur donné est accessible par l'intermédiaire de l'outil de recherche d'études pédologiques REFERSOLS mis à disposition par le Gis Sol : <http://refersols.gissol.fr/georefersols/>. Cette interface permet d'identifier différents types de données :

- des documents et cartes anciens, en général disponible au format papier ;
- des bases de données, en particulier au format DoneSol.

Les cartes produites par le passé peuvent contenir une information utilisable pour aider à délimiter les sols de zones humides. Cependant, cette information peut être exprimée de façon différente selon les cartes : i) identification de classes d'hydromorphie en fonction de l'intensité et de la profondeur d'apparition de l'hydromorphie, ii) schématisation des signes d'hydromorphie, iii) représentation de l'hydromorphie par un figuré en surimposition sur la carte, iv) noms de sols ou qualificatifs caractéristiques de zones humides. A partir de ces documents, la part d'interprétation est importante afin d'établir une correspondance de ces informations avec les caractéristiques retenues par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié. Par ailleurs, il est nécessaire d'être très vigilant car la dénomination des types de sols a évolué au fil des années. Une réinterprétation de ces données est souvent nécessaire. De plus, la dynamique de l'eau a pu changer entre le moment où a été établie la carte et aujourd'hui. Des retours sur le terrain sont donc requis de manière quasi systématique afin de valider ces hypothèses de correspondance, de valider la donnée présentée et ainsi s'assurer de la qualité du zonage produit.

Quant aux bases de données au format DoneSol, elles sont disponibles à différentes échelles (1/5 000 à 1/250 000). Les couvertures du territoire à ces différentes échelles sont variables. A ce jour, les informations pédologiques les plus fréquemment disponibles sont des données issues des Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP), acquises dans le cadre de programmes départementaux ou régionaux. Il est à noter qu'il est préférable, avant d'engager des travaux de délimitations des sols de zones humides, de s'assurer que les bases de données mobilisées sont complètes, conformes au Cahier des Clauses Techniques Générales IGCS et qu'elles ont été vérifiées et corrigées.

Les cartes à grande échelle (1/10 000 à 1/25 000) permettent de délimiter directement les sols de zones humides à partir des unités cartographiques de sols simples (cas B de la *figure 7*). Ces études à grandes échelles peuvent être utilisées au niveau d'une parcelle ou d'une commune car la précision des limites cartographiques et le contenu des unités cartographiques sont suffisants.

L'exploitation des cartes à plus petites échelles, dont les unités cartographiques de sols sont souvent constituées de plusieurs types de sols différents, permet de déterminer un pourcentage de sols de zones humides dans la ou les unités concernées. L'analyse de ces données permet donc de pré-définir et pré-délimiter les sols de zones humides. Les cartes produites ne sont pas utilisables à l'échelle de la parcelle ou même de la commune. Pour obtenir une information géographique plus précise sur la localisation exacte des sols de zones humides au sein de l'unité cartographique de sols concernée, un retour sur le terrain est indispensable afin de densifier les points d'observations. Le pourcentage ou la probabilité de présence de sols de zones humides

annoncés à partir de ces cartes reste quant à lui cohérent, selon les informations présentes dans la base de données.

On note donc que i) la résolution des cartes pédologiques est un paramètre déterminant pour l'utilisation qui peut être faite des données, ii) l'exploitation des cartes ou données existantes constitue bien un travail préalable indispensable, qui permet dans la plupart des cas d'orienter le travail de terrain, en concentrant les efforts de prospection de terrain sur les zones et en réduisant ainsi les coûts liés au terrain.

La diversité des données cartographiques et des informations contenues nécessite pour leurs utilisations des connaissances en pédologie. De même sur le terrain, la reconnaissance et l'interprétation des traits d'hydromorphie réclament une bonne connaissance et une certaine expérience de terrain. Par exemple, des taches d'altération pourraient être facilement interprétées comme des taches d'hydromorphie. Des diagnostics par colorimétrie peuvent apporter une aide dans cette expertise pédologique (Berthier et al., 2014). L'identification et la délimitation des sols de zones humides doivent donc être effectuées par un pédologue cartographe expérimenté. A ce titre, l'Association Française d'Etude des Sols a mis en place depuis quelques années une reconnaissance formelle des compétences en pédologie (<http://www.afes.fr/certification.php>). Les données ainsi collectées sur le terrain peuvent être saisies dans la base de données DoneSol et venir enrichir les données disponibles localement, qui pourront être remobilisées pour des utilisations ultérieures.

CONCLUSION

L'identification et la délimitation des zones humides sur les seuls critères pédologiques restent complexes (Baize et al., à paraître), elles doivent être réalisées par des pédologues expérimentés pour limiter les contestations sur le zonage fourni. Pour pouvoir identifier puis délimiter une zone humide à partir du critère sol, l'arrêté du 24 juin 2008 modifié prévoit l'utilisation de données et cartes pédologiques existantes qui doivent être obligatoirement associées à des investigations sur le terrain. Compte-tenu des inventaires de sols disponibles aujourd'hui, les bases de données ne permettent pas, dans la plupart des cas, de localiser précisément les zones humides. Il faudrait pour cela, comme le précise la circulaire d'application de l'arrêté, des levés appropriés à des échelles de 1/1 000 à 1/25 000. Les bases de données les plus répandues, compatibles avec une restitution à des échelles allant du 1/50 000 au 1/250 000, constituent cependant des aides essentielles dans l'application de l'arrêté. Elles permettent en effet d'estimer et de cartographier sur un territoire les surfaces potentiellement en zones humides selon le critère sol de l'arrêté, et d'orienter les investigations sur le terrain ou d'aider à la décision selon la taille du territoire considéré.

Ceci montre l'intérêt de poursuivre l'acquisition et la capitalisation de données sol au format numérique dans la base de

données DoneSol. Des perspectives sont également ouvertes par le développement des méthodes de cartographie numérique, qui pourraient permettre de désagréger des unités de sols complexes en identifiant les localisations les plus probables des sols de zones humides.

BIBLIOGRAPHIE

- AERMC, 2013 - Guide pour la reconnaissance des zones humides du bassin Rhône - Méditerranée : méthode et clés d'identification. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée - Corse. 154 p.
- AFES, 2008 - Référentiel Pédologique, Association Française d'Etude des sols, 435 p.
- Aoubid S. et Gaubert H., 2010 - Evaluation économique des services rendus par les zones humides - Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD). 54 p.
- Baize D. et Ducommun C., 2014 - Reconnaître les sols de zones humides - difficultés d'application des textes réglementaires, Étude et Gestion des Sols, à paraître.
- Berthier L, Chaplot V., Dutin G., Jaffrezic A., Lermancier B., Racapé, Walter C., 2014 - Diagnostic *in-situ* de la réduction du fer dans les sols par l'utilisation d'un test de terrain colorimétrique, Étude et Gestion des Sols, 21, pp. 51-59.
- Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA), 1981. Synthèse des travaux de la commission de cartographie 1970-1981. INRA-CESRPF. 20 p.
- Inra - US 1106 InfoSol, 2013 - DoneSol version 3, Dictionnaire de données, version du 1^{er} novembre 2012. Gis Sol. 454 p.
- Lermancier B, Lacoste M., Loum M., Berthier L., Le Bris A.L., Walter C., 2013 - Apport de la cartographie numérique des sols pour prédire l'hydromorphie et l'extension des zones humides potentielles à l'échelle régionale, Étude et Gestion des Sols, Volume 20, Numéro 1, pp. 47 - 66.
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005 - Ecosystems and Human Well-being : Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington D.C. 86 p.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de la Mer (MEDDM), 2009. Arrêté du 1^{er} octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement. *In* : Légifrance [En ligne], Journal officiel, 24 novembre 2009, n°0272, p. 20137. <http://www.gissol.fr/outil/donesol/Dictionnaire-DoneSol3-igcs-2012-11-01.pdf>. <http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=ORFTEXT000021309378&categorieLien=id> (page consultée le 1^{er} Mars 2014)
- MEDDE, GIS Sol, 2013, Guide pour l'identification et la délimitation des sols de zones humides. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Groupement d'Intérêt Scientifique Sol, 63 p. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de la Mer, 2009 - Les zones humides : Un enjeu national. Bilan de 15 ans de politiques publiques. 95 p.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de la Mer, 2010 - Plan national d'action en faveur des zones humides. 28 p.
- Moulin J, Eimberck M, 2011 - La Cartographie des sols de l'Indre pour des applications thématiques diversifiées. Étude et Gestion des Sols, Volume 18, Numéro 2, pp. 75 - 89.
- Perrineau L., Lucas L., Amezal A., 2013 - La boîte à outils « zones humides ». Agence de l'Eau Seine-Normandie. 242 p.
- Richer de Forges A., 2008 - Base de données du Référentiel Régional Pédologique de la région Centre : carte des pédopaysages du Loiret à 1/250 000, INRA-INFOSOL.

