

Vient de paraître.....

Un produit RMT « sols et territoires »

## Un manuel pédagogique

- Une approche cartographique territoriale
- Une sensibilisation aux sols par une approche problématisée

Séminaire RMT du 18/05/2017

# TYP TERRES

## Centre Ouest



## Sols & Territoires

Réseau Mixte Technologique

Christophe DUCOMMUN – AGROCAMPUS OUEST

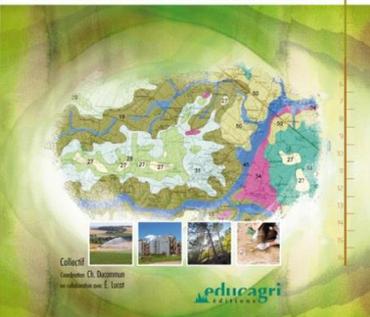
# Les cartes et les données pédologiques

des outils au service des territoires



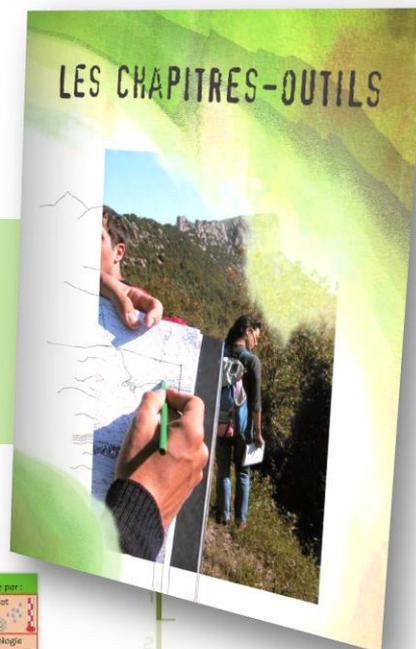
❑ Pour les enseignants et les apprenants : *BTSA, licence, master, formation d'ingénieur, formation initiale ou continue...*

❑ Par 30 auteurs, utilisateurs de BD (enseignement, recherche, développement → RMT)



# PARTIE 1

- 1 - Les sols, un capital fragile et méconnu
- 2 - Qu'est-ce qu'une base de données ?
- 3 - Qu'est-ce qu'un SIG ?
- 4 - Comment cartographier les sols ?



## Posent les bases de ces 4 disciplines (4X2 doubles pages)

### CHAPITRE 1

## Les sols, un capital fragile et méconnu

**T**émoignage explicite de la sollicitude de l'homme à l'égard des sols, notre planète Terre tient son nom de la déesse romaine Terra. Pourtant, la pédosphère\* ne représente qu'une fine pellicule à la surface des continents (1 m en moyenne). Comme un épiderme, la pédosphère joue le rôle d'interface protectrice et d'échange entre la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Plus encore, grâce à sa biodiversité exceptionnelle et à sa composition singulière, elle exerce une multitude de fonctionnalités essentielles à l'équilibre de la planète et à la pérennité de l'Homme. Mais attention, la technicité moderne peut accélérer la dégradation de ce compartiment fragile et difficilement renouvelable.

Le sol, une fine pellicule en surface des continents (couche marron, entre le vert de la végétation et le blanc de la roche)  
Circque de Grand Bam-Bam, réserve de Wangga Wunggal, province de l'Estuaire, Gabon (0° 23' S - 9° 32' E)

### > Les sols, une originalité de notre planète

La pédosphère marque la transition entre la biosphère\* péni- phérique, cycliquement dégradée par les organismes du sol, et la lithosphère sous-jacente, s'alliant au contact de l'air et de l'eau pour offrir le matériau parental meuble nécessaire à la genèse des sols. Les sols s'épaississent ainsi, du fait de l'altération progressive de la lithosphère ; ce qu'on nomme communément de la « tette » correspond à l'association, par les microorganismes, de matières organiques stabilisées appelées humus\* avec les matières minérales ; le complexe argilo-humique\* (ou complexe

adsorbant) ainsi créé est à l'origine des propriétés singulières des sols. L'ensemble des processus conduisant à la formation et à l'évolution des sols est appelé **pédogenèse\*** (Fig. 1.1). Elle se réalise en quelques milliers d'années, au rythme des écoulements d'eau et des cycles biogéochimiques, avec environ 1 cm de sol produit en 300 ans. Les sols ne constituent donc pas une ressource renouvelable à l'échelle humaine.



Fig. 1.1. La pédogenèse: l'ensemble des processus de formation et d'évolution des sols

### Définitions

#### ✓ Capacité d'échange cationique (CEC)

La CEC est la capacité totale de cations que le complexe argilo-humique d'un sol peut retenir via ses charges électro-négatives, constituant ainsi sa fertilité chimique potentielle (Fig. 1.2) et sa capacité à limiter la propagation de certains polluants. Mesurable au laboratoire, elle est élevée dans les sols bien pourvus en humus et en argiles de bonne qualité.

Remarque 1 : à pH acides, les ions H<sup>+</sup> monopolisent les valences négatives laissées vacantes (leur dénoyautement permet de mesurer le pH du sol).

Remarque 2 : il existe une capacité d'échange anionique beaucoup plus faible, raison pour laquelle les nitrates (anions) sont facilement lioyvés\*.



Fig. 1.2. La CEC, un indicateur du potentiel de fertilité des sols

#### ✓ Structure

L'état structural d'un sol correspond au mode d'assemblage de ses composants. Il est lié à l'isolement physique ou biologique de volumes élémentaires, dont la cohérence est assurée par le complexe argile-fe-humus. Les agrégats argileux proviennent de la fixation des sols liée au gonflement et à la rétraction des argiles lors des phases d'hydratation et de dessiccation climatiques. Les grumeaux arrondis sont générés par l'activité biologique des sols (lombrics, collemboles...).



La structure d'un sol correspond à l'agencement de ses composants entre eux

en eau des sols. Renforcée par une CEC élevée, elle peut être impactée par une exploitation inappropriée (absence de couverture végétale, compaction...).

#### ✓ Texture

La texture d'un sol correspond à l'appréciation tactile de sa proportion en particules minérales classées par taille (sable, limon et argile), selon un triangle de textures de référence (Fig. 1.3). Sur le terrain, le pédologue expérimenté l'apprécie distinctement, accédant ainsi à certaines de ses propriétés (sensibilité à l'érosion, perméabilité...).

Une analyse granulométrique en laboratoire permet de préciser la part de chaque type de particules.

Tandis que les argiles granulométriques pointent. Fen semble des particules minérales inférieures à 2 µm, les argiles minéralogiques correspondent à différents minéraux en feuillets dotés de propriétés particulières et impliqués dans le complexe argilo-humique. De fait, les argiles granulométriques contiennent surtout des argiles minéralogiques, mais aussi des éléments minéraux inertes inférieurs à 2 µm.



Fig. 1.3. La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux classés selon leur taille (ici, triangle textural de l'Aïne)



## PARTIE 2 – Les études de cas

5 - Comprendre les approches **cartographiques emboîtées**

*1 étude de cas*

6 - Interpréter le rôle et le devenir de **l'eau** dans les sols

*ZH, Stockage, Changement climatique*

7 - Bénéficier des services de **filtration et d'épuration**

*Sensibilité phyto, Valorisation compost, Effluents organiques*

8 - Interpréter la présence **d'éléments traces métalliques**

*RMQS, Enrichissement agricole, Contamination industrielle*

9 - Estimer les **potentialités agronomiques**

*Valoriser les territoires Corses, Aptitude Lupin, Limiter l'étalement urbain*

10 - Comprendre et caractériser le lien au **terroir**

*AOP Comté*

11 - Raisonner l'**urbanisation** et l'artificialisation

*Gestion eaux pluviales, Impact sur l'agriculture, quantifier l'artificialisation*

12 - Identifier et quantifier les risques d'**érosion**

*Quantification, Approche prospective,*

13 - Gérer durablement les **milieux forestiers**

*Adaptation changement climatique, Impact des récoltes d'humus sur la fertilité*

14 - Préserver le capital de **matière organique**

*Gestion des MO exogènes/endogène, Stocks et enjeux environnementaux,*

15 - Connaitre et préserver la **biodiversité**

*Estimation abondance et richesse, Diagnostique microbiologique, Habitats/espèces*

16 - Contribuer aux recherches **archéologiques**

*Comprendre l'usage ancien des sols sur les territoires*



# CHAPITRE 11

## Raisonner l'urbanisation et l'artificialisation



En France, plusieurs institutions scientifiques telles que le Groupe d'intérêt scientifique sur le sol (GIS Sol\*), l'Association française pour l'étude du sol (AFES), le Réseau mixte technologique (RMT) Sols et Territoires, ainsi que l'ensemble des unités de recherche sur les sols, s'accordent à dire que les sols sont menacés par l'ensemble des activités humaines. En 2011, le GIS Sol publiait un rapport sur l'état des sols de France montrant explicitement les nombreuses conséquences de l'artificialisation. Comme le sol est en lien direct avec les autres composantes de l'environnement (hydrosphère, biosphère, atmosphère, lithosphère), toute modification le concernant se répercute sur une ou plusieurs de ces composantes.

### > Qu'est-ce que le phénomène d'artificialisation ?

L'artificialisation\* d'un sol correspond à tout changement d'occupation dont le résultat aboutit à une occupation bâtie, revêtue, une activité d'extraction ou de stockage des déchets.

Elle est une des conséquences de l'urbanisation\*, associée à la création d'habitat individuel et collectif, des zones d'activités économiques, des équipements, des voies de transport et des zones en cours de remaniement (carrières, décharges, chantiers). L'artificialisation concerne essentiellement les sols naturels et agricoles qui entourent les villes, occasionnant ainsi des changements profonds, pour créer une nouvelle référence de sols dits « Anthrosols ».

Les sols en milieu urbain assurent des fonctions comme le support de végétations, des voies de circulation ou de construction et la protection de l'ensemble des réseaux hydriques et électriques nécessaires à nos besoins quotidiens.



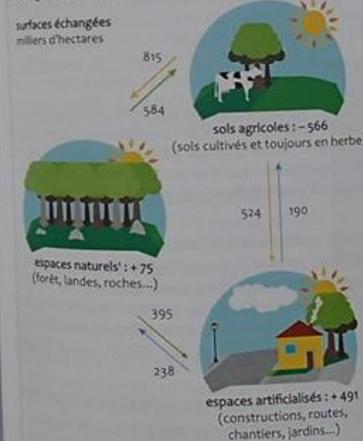
Une diversité de sols urbains et périurbains conditionnée par le type d'occupation

### > Quelle est la surface/la part des sols artificialisés en France ?

Selon l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), l'ensemble de l'habitat et des activités des 63,7 millions d'habitants métropolitains serait essentiellement regroupé sur 9% du territoire métropolitain. À première vue, ces chiffres ne semblent pas indiquer que les sols du territoire métropolitain soient menacés par le phénomène d'artificialisation, puisque la surface qui lui est consacrée reste largement minoritaire. Cette impression d'abondance en surface agricole ou naturelle n'est vraie que lorsqu'on analyse l'occupation du territoire à un temps donné.

Pour percevoir les enjeux liés à l'artificialisation des sols agricoles et naturels, il convient d'effectuer une analyse diachronique. Entre 2006 et 2014, 491 000 ha de sols naturels et agricoles ont été remplacés par des surfaces artificialisées sur l'ensemble du territoire métropolitain (Agreste) (Fig. 11.1). C'est-à-dire qu'en l'espace de huit ans, une surface de sol équivalente au département des Bouches-du-Rhône a été artificialisée pour accueillir de nouveaux usages. En poursuivant ce rythme, l'intégralité des sols français sera artificialisée dans seulement 834 ans !

#### changements d'occupation entre 2006 et 2014



1. espaces naturels : sols boisés, landes, friches, maquis, garrigues, sols nus naturels, zones humides et sous les eaux.  
En face de chaque type d'occupation, figure le solde net des échanges le concernant.  
Champ : France métropolitaine.  
Les territoires non observables sont exclus.

Fig. 11.1. Des échanges de terre favorables aux sols artificialisés (d'après Agreste Primeur, n° 326, 2015 - SSP - Agreste - Enquêtes Tempo-Lucas)

### > Quelles sont les conséquences de l'artificialisation ?

Une conséquence directe de l'artificialisation est la perte de sol puisque la construction d'un bâtiment ou d'une route nécessite l'excavation totale ou partielle des sols en place. Cette perte prive ainsi la société des nombreux services apportés par les sols naturels et agricoles. L'artificialisation impacte d'abord la production alimentaire : si l'on ne considère que la production céréalière, 1 ha de sol permet de produire jusqu'à 8 tonnes de blé, répondant au besoin moyen annuel de 50 habitants.

Un deuxième impact concerne la capacité des sols à mûrir l'eau en profondeur. On estime que pour remplacer ce service rendu par le sol, la collectivité devrait dépenser environ 6 500 €/ha/an.

Cette perte en sol a également des conséquences énergétiques puisque l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et en surface, ainsi que la transpiration végétale, permettent d'atténuer le phénomène d'îlot de chaleur survenant en milieu urbain, en diminuant la température atmosphérique. L'énergie nécessaire à l'évaporation de cette eau accumulée sur 1 ha de sol permettrait d'alimenter près de 9 000 surgélateurs ! Sur un sol scellé, cette énergie se dissipe sous forme de chaleur, accentuant ainsi la température ambiante dans les cœurs urbains.

### > Suivre l'artificialisation pour mieux la gérer

Une prise de conscience collective sur la nécessité de freiner l'artificialisation est observable à travers l'évolution de la législation encadrant l'urbanisme de l'année 2000 à nos jours. La lutte contre le phénomène d'artificialisation des espaces agricoles et naturels est devenue un enjeu majeur pour les politiques publiques. Les documents d'urbanisme incluent désormais un diagnostic de suivi de la consommation de ces espaces par l'urbanisation. Ce suivi est rendu possible grâce à l'utilisation de données cartographiques telles que les fichiers fonciers issus de la Mise à jour des informations cadastrales (MAJIC), ainsi que l'interprétation de photos aériennes conduisant à la production de modes d'occupation des sols (MOS). En 2013, le ministère de l'Agriculture appuyait la création d'un Observatoire national de la consommation des espaces agricoles (ONCEA), dont le rôle est de quantifier chaque année l'évolution de l'artificialisation des terres agricoles. Cette démarche offre au gouvernement un outil d'analyse fine du territoire, permettant de prendre des mesures correctives si nécessaire.

Études de cas 1, 2 et 3 : Cartographier la capacité de rétention et d'infiltration des sols pour optimiser la gestion des eaux pluviales à l'échelle d'un territoire (étude de cas 1). Mesurer l'impact de l'urbanisation des sols et ses effets sur l'agriculture et l'environnement (étude de cas 2). Visualiser et quantifier l'artificialisation des terres agricoles dans le département de l'Orne (étude de cas 3)

Exposé de la problématique (1 double page)

→ Apporte les notions et le vocabulaire spécifique aux problématiques



### Valorisation agronomique des terres corses de plaines et de coteaux



Corse, plaines et coteaux de basse altitude  
BD utilisée : RPP  
Échelle : 1/25 000

#### Contexte et enjeux

Avec à peine 22% d'espaces de pente inférieure à 15%, la Corse est la plus montagneuse des îles de Méditerranée. Ces espaces rares et stratégiques pour l'agriculture restent aujourd'hui sous-exploités, ce qui les rend d'autant plus vulnérables à l'urbanisation. Afin d'encourager leur mise en valeur sur des projets concrets, l'Office du développement agricole et rural de Corse (ODARC) a réalisé un programme cartographique de caractérisation des sols et de leurs aptitudes agronomiques et a élaboré une plateforme web de consultation.

#### Comment faire ?

L'enjeu consiste à convertir l'information pédologique complexe en recommandations agronomiques simples.

Le Référentiel pédologique approfondi (RPA) précise et spatialise : 85 types de sol, 3 types de pierrosité et 3 types d'hydromorphie en fonction de leur profondeur d'apparition, 30 lithologies. La recherche des potentialités agronomiques de chaque sol ainsi caractérisé représenterait des milliers de cas à diagnostiquer. La méthode adoptée par l'ODARC (Fig. 9.2) a consisté à :

- regrouper les types de sol, à partir de 5 critères pédologiques, en 48 familles pouvant être interprétées avec des arguments proches ;
- pour chaque famille, inventorer les propriétés favorables et les contraintes en fonction des exigences de chaque groupe de culture ;
- pondérer les contraintes ;
- appliquer une règle de classement des sols sur la base du dénombrement des contraintes.

L'effort s'est concentré sur les cultures à enracinement profond, car ce sont celles qui engagent la prise en compte du sol la plus complexe. Cinq groupes de culture bien représentés en Corse ont été étudiés :

- céréales non irriguées ;
- fourrages sensibles à l'hydromorphie\* type luzerne ;
- 3 groupes d'arboriculture irriguée, respectivement du plus sensible au moins sensible à l'hydromorphie : olivier-amandier-kiwi ; agrumes-pêcher-abricotier, pommier-poirier-prunier.

#### Résultats et perspectives

##### 1. L'originalité de l'approche : la prise en compte des interactions entre contraintes

Le poids des contraintes est déterminé à partir des connaissances agro-pédologiques locales. Lorsque les contraintes interagissent entre elles et que le poids résultant est différent de la somme des poids des contraintes considérées indépendamment l'une de l'autre, on a inventorié et pondéré des « contraintes croisées ». Par exemple, dans les sols d'alluvions\* anciennes, la pierrosité tempérée l'hydromorphie ou la renforce en fonction du degré de lessivage.

##### 2. L'interprétation des contraintes pédologiques en 9 classes d'aptitude

La classification des sols obtenue comprend 9 classes (Fig. 9.3). Ce nombre élevé découle directement des gradations introduites dans l'inventaire des contraintes et du choix d'accorder plus d'importance à l'inventaire des contraintes et aux préconisations qu'au classement du terrain lui-même. Par exemple, B - est un peu moins favorable que B : les classes sont proches mais individualisées pour permettre un discours nuancé sur les possibilités de mise en valeur.

Les 9 classes traduisent une échelle de risques. Comme le montre la réalité du terrain, il serait inexact de considérer que les terrains les plus défavorablement classés sont à délaisser systématiquement. Si l'on considère par exemple les parcelles en production pour la clémentine de Corse IGP, certaines se trouvent sur des terrains très fortement contraints (classes D à D-) en relation

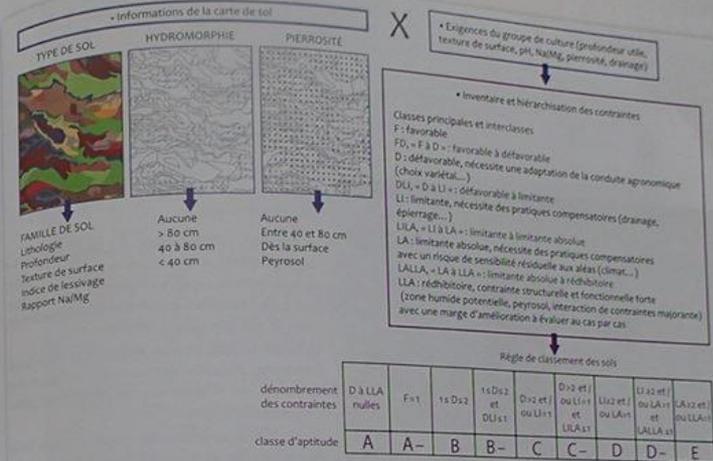


Fig. 9.2. Raisonnement croisé sol/culture et règle de classement des sols par dénombrement des contraintes

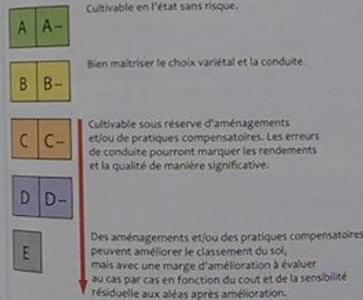


Fig. 9.3. Les 9 classes d'aptitude des sols

avec les pratiques compensatoires mises en place par l'exploitant (buttage, maîtrise de l'irrigation, récolte accélérée...) et sa logique d'exploitation (un effort et des contraintes d'exploitation sont consentis lorsque la parcelle concernée est groupée au reste du parcellaire et permet d'atteindre la surface d'exploitation souhaitée).

##### 3. Exemples d'utilisation

###### 3.1. À l'échelle de la parcelle

Les données pédologiques et les modèles d'interprétation agronomique sont accessibles sur Internet à partir du site de l'ODARC

dans le portail géographique GÉODARC sous la forme de cartographies interactives (Fig. 9.4 page suivante). Avec près de 200 connexions annuelles, les données sont majoritairement utilisées par des exploitants agricoles (26%) qui y trouvent des clés pour adapter les choix culturaux, maîtriser les contraintes naturelles, favoriser une conduite minimisant l'impact environnemental et finalement gagner en productivité et en qualité. Les autres principaux utilisateurs sont les services de la Région et de l'État (19%), les bureaux d'études et associations (16%), l'enseignement et la recherche (14%), les chambres d'agriculture (10%).

La classe d'aptitude des sols est représentée par une couleur, les contraintes qui motivent le classement par une symbologie. L'outil d'interrogation permet d'afficher la classe d'aptitude, le récapitulatif des caractéristiques pédologiques, l'inventaire des contraintes avec leur classe de pondération, les pratiques compensatoires à envisager.



Terres corses

Les études de cas : exemples concrets, abordés par territoire et par échelle, selon des approches et démarches précises (2 double pages)

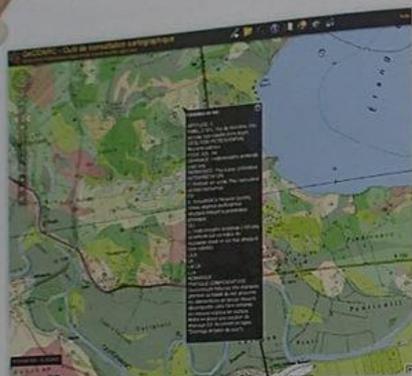


FIG. 9.4. Consultation de l'aptitude culturale d'une parcelle pour la culture de céréales en sec.

Pour réaliser un diagnostic à l'échelle de la parcelle, l'inventaire des contraintes constitue une liste d'observations à valider sur le terrain. Le cas échéant, si les pratiques agronomiques ont compensé une contrainte (drainage, épierreage), ou si, à l'inverse, des contraintes ne sont pas mentionnées sur la carte pédologique, des schémas de détermination basés sur la triologie Famille de sol/Type d'hydromorphie/Type de pierrosité permettent, pour chaque groupe de culture étudié, de réévaluer la classe d'aptitude du sol en fonction des caractéristiques observées sur le terrain.

### 3.2. À l'échelle des territoires

À la demande de communes qui souhaitent mener une réflexion plus générale sur les potentialités agricoles, une donnée de synthèse a été élaborée en compilant l'ensemble des modèles de potentialités par type de culture. Cette donnée « Aptitude générale » associée une typologie d'association de contraintes à une liste des types de culture possibles. Elle est accessible dans le portail GÉODARC et a été utilisée pour produire des cartes didactiques, par exemple sur la commune de Bastelicaccia (FIG. 9.5). D'autres cas concrets d'utilisation ont montré l'intérêt des communes pour les données d'aptitude des sols, qu'il s'agisse de s'interroger sur les moyens d'une occupation équilibrée de l'espace, de mettre en place des zones agricoles protégées (ZAP), de développer une production emblématique et traditionnelle de la commune. Ces données sont également utilisées par les chambres d'agriculture pour la réalisation de diagnostics agricoles dans le cadre des plans locaux d'urbanisme (PLU).

## 4. Perspectives

L'interprétation agronomique proposée est basée sur les observations et les références acquises en Corse, dans les stations expérimentales et au sein des organismes de recherche. Ces connaissances n'avaient pas jusqu'ici fait l'objet d'une synthèse.

Ce travail constitue ainsi un vecteur innovant de transmission des connaissances pédologiques locales pour les techniciens et ingénieurs qui étudient les potentialités agronomiques des sols.

À la demande de différentes filières agricoles, l'outil de consultation va s'enrichir bientôt d'espaces personnalisés d'accès réservé dans lesquels seront introduites différentes données d'intérêt choisies par les filières (parcelles de producteurs, surfaces déclarées, cartographie des facteurs pédologiques limitants dans les cahiers des charges des aires d'appellation contrôlées...).

Le même type d'espace « sur mesure » pourra être mis à disposition des communes qui le souhaitent dans le cadre, par exemple, de la mise en place de documents d'urbanisme, d'associations foncières de propriétaires...

### L'essentiel

- ✓ Les modèles agronomiques proposés restituent les connaissances pédo-agronomiques acquises au niveau local, prennent en compte les relations complexes entre contraintes, et assurent la transparence de la règle de classement des sols. Ils sont facilement paramétrables pour d'autres cultures à condition de pouvoir définir leurs exigences.
- ✓ Pour un diagnostic à l'échelle de la parcelle, des observations complémentaires de terrain sont nécessaires et permettent de valider les contraintes *in situ*.
- ✓ Pour qualifier complètement l'aptitude culturale, il est également envisageable de prendre en compte des facteurs non pédologiques ou non cartographiques : érosion, submersions, microclimats froids, impacts positifs ou négatifs des pratiques agricoles (acidification, battance, tassement, érosion) et des aménagements (drainage, épierreage...).

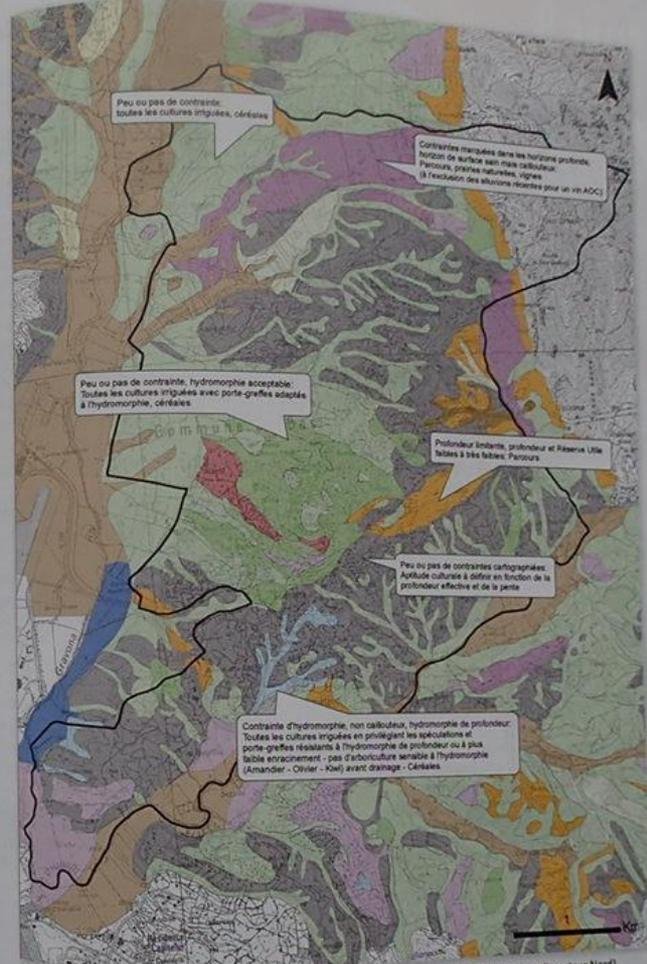


FIG. 9.5. Cartographie de l'aptitude culturale générale des sols de la commune de Bastelicaccia (extrait secteur Nord)

### POUR ALLER PLUS LOIN

- DEMARTINI J., Modèle d'interprétation agronomique du RPA, Méthode de détermination des potentialités agricoles, ODARC, 2011.
- DEMARTINI J. & FAVREAU P., Référentiel Pédologique Approfondi (RPA), Caractérisation des sols de plaines et coteaux de basse altitude au 1:25 000, ODARC, 2011.

# Les cartes et les données pédologiques

des outils au service des territoires

~~50 €~~

~~30 €~~

26 €

~~1 €~~

