



HAL
open science

Clés de sol : un projet de sciences participatives pour caractériser les sols et leurs fonctions

Catherine Jondreville, Blandine Lemerrier, Chantal Gascuel, Rachel Louiset,
Caroline Joigneau-Guesnon, Christophe Roturier

► To cite this version:

Catherine Jondreville, Blandine Lemerrier, Chantal Gascuel, Rachel Louiset, Caroline Joigneau-Guesnon, et al.. Clés de sol : un projet de sciences participatives pour caractériser les sols et leurs fonctions. INRAE. 2018. hal-04050745

HAL Id: hal-04050745

<https://hal.inrae.fr/hal-04050745>

Submitted on 29 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Clés de sol : un projet de sciences participatives pour caractériser les sols et leurs fonctions

Catherine Jondreville¹, Blandine Lemerrier², Chantal Gascuel¹

Avec la contribution de Rachel Louiset³, Caroline Joigneau-Guesnon⁴, Christophe Roturier¹

1. Institut National de la recherche Agronomique (INRA)
2. AGROCAMPUS OUEST
3. France Nature Environnement (FNE)
4. Union Nationale des Centre Permanents d'Initiative pour l'Environnement (UNCPIE)

Juin 2018

Pour citer ce rapport :

Catherine Jondreville, Blandine Lemerrier, Caroline Joigneau-Guesnon, Rachel Louiset, Chantal Gascuel, Christophe Roturier. 2018. Clé de sol : un projet de sciences participatives pour caractériser les sols et leurs fonctions, 42 pp.

Avant-propos

Dans le cadre de son document d'orientation à l'horizon 2025, l'Inra s'est fixé pour objectif de développer et structurer les interactions avec les acteurs de la société civile non marchande. Il s'agit en particulier de construire dans la durée des relations avec des organisations porteuses d'enjeux sur l'agriculture, l'environnement et l'alimentation. Ce document d'orientation porte également l'ambition de développer les sciences et recherche participatives à l'Inra.

Dans ce contexte, l'Institut a réuni un large panel d'acteurs académiques et de la société civile afin d'identifier conjointement des thèmes d'intérêt commun sur les sols, susceptibles d'aboutir à des projets scientifiques participatifs.

Cette concertation a abouti au développement de deux initiatives co-construites :

- La biodiversité des sols en zone urbaine et périurbaine, à travers le projet « REV-Urbain »
- La caractérisation des sols et de leurs fonctionnalités, à travers le projet « Clés de sol ».

Dans une approche de sciences participatives, le projet « Clés de sol » vise deux objectifs majeurs :

- Enrichir les bases de données sur les sols et développer des méthodes participatives contribuant, avec d'autres bases de données, à mieux cartographier les sols aux échelles territoriales
- Contribuer à diffuser dans la société une meilleure connaissance des sols et des enjeux dont ils sont porteurs.

Pour élaborer le projet « Clés de sol », l'Inra s'entoure de partenaires associatifs impliqués dans les domaines de la sensibilisation, l'animation et l'accompagnement des publics et des acteurs.

Ce rapport présente l'ensemble du projet Clé de sol, de son concept jusqu'aux protocoles qui seraient appliqués. Il permet de solliciter des partenaires, à la fois techniques et financiers. Il est porté à connaissance des acteurs de la recherche et de l'animation afin d'éprouver ses composantes, valider les protocoles et susciter l'envie d'y participer !

Table des matières

I.	Note de concept	5
1.1.	Objectifs et positionnement.....	5
1.2.	Originalité d'une démarche de sciences participatives pour l'identification des sols	6
1.3.	Des publics divers avec une démarche adaptée	7
1.4.	Par quels outils et méthodes acquérir des informations sur le sol ?	8
1.5.	Quelles propriétés relever, pour quelles fonctions des sols ?	9
II.	Initiatives de sciences participatives sur les sols.....	11
2.1.	Inventaire des projets portant sur les sols	11
2.1.1.	Projet MySoil	11
2.1.2.	Projet Soil and Earthworm survey (OPAL)	12
2.1.3.	Projet Land-Potential Knowledge System	12
2.1.4.	Autre projet de mise à disposition d'information	12
2.2.	Des points de vigilance identifiés	13
III.	Enquêtes sur les attentes et l'investissement possible des cibles	14
3.1.	Propriétés d'intérêt	14
3.2.	Conditions d'acquisition des données et nombre de points levés.....	15
3.3.	Sujets d'intérêt (pour les associations d'éducation à l'environnement)	15
IV.	Recueil de protocoles	17
4.1.	Principales sources d'information	17
4.2.	Propriétés à collecter	17
V.	Étapes à envisager pour rendre opérationnel le projet Clés de sol	19
	19
1.	Stabilisation des protocoles	19
2.	Gestion des données	21
3.	Développements informatiques.....	22
4.	Création et test d'une application mobile.....	22
5.	Déploiement de l'application	23
6.	Communication et Animation	24
VI.	Références.....	26
VII.	Annexe : proposition de protocoles	27
1.	Les grandes étapes et le matériel nécessaire.....	28
a.	Grandes étapes.....	28
b.	Le matériel nécessaire.....	28
2.	Positionnement du site étudié	29
3.	Lecture du paysage du site de prélèvement	30

a.	Caractérisation du relief	30
b.	Caractérisation de l'occupation du sol	30
c.	Autres éléments marquants du paysage.....	31
d.	Prise de photographies.....	31
3.	Observation du sol sur le terrain	32
a.	Observation de la surface du sol	32
	Recouvrement du sol.....	32
	Turricules de vers de terre	33
	Battance	34
b.	Détermination de la profondeur du sol	34
4.	Prélèvement de sol.....	35
a.	Prélever du sol avec une bêche	35
b.	Prélever du sol avec une gouge.....	37
c.	Prélever du sol avec une tarière.....	37
5.	Mesures	39
a.	Détermination du pH.....	39
a.	Avec du papier pH	39
b.	Avec du chou rouge.....	40
6.	Détermination de la texture.....	42
7.	Détermination de la couleur et de son homogénéité (hydromorphie)	46
a.	Détermination de la couleur	46
b.	Traces d'hydromorphie	47
	Fiche d'enregistrement	49

I. Note de concept

1.1. Objectifs et positionnement

Grâce au programme national d'inventaire des sols (programme IGCS, pour Inventaire, Gestion et Conservation des Sols) coordonné par le Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol), la connaissance des sols au 250 000^{ème} sur l'ensemble de la France est en cours d'achèvement. Ces cartes fournissent une base précieuse de connaissance des sols. De nombreux secteurs géographiques bénéficient de cartes plus précises mais souvent hétérogènes, peu numérisées, et donc moins accessibles. L'information sur les sols est principalement rassemblée dans une base de données DoneSol qui a vocation à s'enrichir, pour augmenter progressivement la qualité des informations contenues dans les bases de données sol gérées par le Gis Sol, puis dans les cartes des sols et les thématiques qui dérivent de ces bases de données. Avec l'achèvement de la carte des sols 250 000^{ème} sur l'ensemble du territoire national et dans le prolongement du programme IGCS, une réflexion prospective est menée actuellement par un groupe d'experts pour poursuivre l'acquisition de connaissances sur les sols et préciser les informations existantes (Voltz et al., 2018). Un programme de sciences participatives serait complémentaire aux propositions faites, densifiant l'information dans certains secteurs.

Le projet de sciences participatives Clés de Sol est né de différents constats :

1) la recherche a mis au point des modèles numériques de cartographie des sols qui permettent d'estimer des propriétés des sols à partir de diverses informations, sur les sols eux-mêmes et sur le contexte dans lesquels ils se situent. Cette « prédiction » spatiale est assortie d'une incertitude qui se réduit au fur et à mesure que l'information s'ajoute. Les informations locales, hétérogènes, issues des sciences participatives, peuvent-elles apporter une information utile pour produire des cartes plus précises, plus utiles ?

2) la demande de connaissance des sols est souvent à l'échelle territoriale (l'agriculteur sur son territoire d'exploitation, collectivité territoriale pour son plan d'aménagement, etc.) : quels sont mes sols ? sont-ils fragiles ? de bonne qualité ? Or la puissance publique ne pourra pas aller à cette échelle territoriale (10 000 – 50 000^{ème}) sur l'ensemble du territoire national. Des acteurs locaux vont inévitablement prendre le relais, sur des zones à enjeux (zones péri-urbaines pour limiter l'artificialisation des sols, zones de captage d'eau pour mieux protéger l'eau, etc.).

3) même si les sols font l'objet de plus en plus d'attention, ils restent méconnus du grand public. Sensibiliser la société à ce qu'est un sol, à la diversité des sols et de leurs fonctions est essentiel pour les enjeux de biodiversité des sols, d'aménagement, de mode de production agricole, d'alimentation, de contribution à la lutte contre les changements climatiques, etc. Créer des outils, des démarches de sciences participatives peuvent y contribuer.

Ce projet vise donc à enrichir les bases de données sur les sols, à développer les méthodes de cartographie des sols aux échelles territoriales, à partir d'informations hétérogènes, tout en contribuant à propager dans la société une meilleure connaissance des sols et des enjeux dont ils sont porteurs.

1.2. Originalité d'une démarche de sciences participatives pour l'identification des sols

Lors des premières réunions conduites autour du projet, auxquelles participaient des chercheurs et des représentants d'associations de protection de la nature et d'éducation à l'environnement, le sol est apparu un objet intéressant et original pour les sciences participatives à plusieurs titres :

- Le sol est un objet complexe à décrire, en trois dimensions. Il a une dimension verticale, nécessitant souvent l'usage d'une tarière ou d'un code couleur pour décrire les différents horizons, l'appréciation de sa texture n'est pas évidente, etc. Il a aussi une dimension horizontale qui se traduit par des variations spatiales rapides, en lien avec le paysage dans lequel il s'inscrit.
- Il a un caractère semi-permanent : beaucoup de ses caractéristiques ne changent pas, ou lentement ; l'information acquise est stable et directement intégrable. Dans un tel projet, ce n'est pas la mise en évidence d'une évolution temporelle qui est recherchée, mais une densification de l'information dans l'espace.
- Par ailleurs, décrire le sol, c'est aussi regarder le paysage, le relief, les usages des sols, etc. C'est un objet large qui ouvre sur de multiples dimensions.
- C'est aussi un objet ludique qui peut être manipulé, touché, observé sur le terrain.

Plus généralement, le sol est au carrefour de nombreux enjeux de société, et il est important de susciter l'intérêt de la société pour ce milieu et de favoriser l'éducation de tous les publics à ses propriétés et à son fonctionnement. C'est un moyen de stimuler sa prise en compte par les politiques publiques qui peinent à l'intégrer (CESE, 2016).

Dans ce cadre, plusieurs associations se sont déclarées prêtes à s'investir dans la construction d'un projet de sciences participatives autour des sols, puis à y participer. Un comité de pilotage a été constitué, avec des représentants de l'Institut National de la Recherche Agronomique (Inra), d'AGROCAMPUS OUEST, de France Nature Environnement (FNE), de l'Union Nationale des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement (UNCPIE). L'Observatoire Français des Sols Vivants (OFSV) s'est dit intéressé par le déploiement d'un tel projet. Ce comité réunit des compétences scientifiques, d'éducation citoyenne à la nature et à l'environnement et de formation des agriculteurs. De plus, certains partenaires sont engagés dans des dispositifs pré-existants, comme l'OPVT, Observatoire Participatif des Vers de Terre (<https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/>), sur lesquels l'initiative présente pourrait s'appuyer en proposant un élargissement optionnel des variables à lever. Enfin, le réseau d'associations permet d'envisager l'implication de relais locaux pour répondre à la dimension nationale du projet. Cependant, la complexité de l'objet ainsi que le temps et le matériel requis pour y répondre pouvant constituer un frein, il est très vite apparu nécessaire de mener une enquête pour apprécier le domaine d'engagement possible des associations.

1.3. Des publics divers avec une démarche adaptée

Les approches de sciences participatives peinent parfois à trouver leur public. La détermination du public cible du programme de sciences participatives est une étape importante, pour définir les bonnes approches, les bons outils et réussir à les mobiliser. Les premières réunions ont montré que le projet Clés de sol peut viser quatre types de publics :

- **Le public de l'éducation citoyenne** : scolaires, citoyens... sans visée de territoire particulier ; un des atouts des sciences participatives est de se former par l'action (méthodes de l'éducation populaire ; « learning by doing »). Le public scolaire, notamment celui de l'école primaire, présente de nombreux atouts (manipulations possibles autour du sol, avantage d'une sensibilisation précoce au sol). Il permet aussi d'envisager la sensibilisation des enseignants et des parents. Pour atteindre ces publics, le projet pourrait s'appuyer sur des réseaux comme celui des Maisons pour la science (9 en France), créés par l'académie des sciences et qui a pour mission la formation scientifique des enseignants, ou Tous chercheurs¹, qui propose à différents publics (citoyens, scolaires) des sessions de formation à l'expérimentation et à la démarche scientifique. Les structures d'éducation à la nature et à l'environnement peuvent également être de bons relais pour animer ce programme et inviter leurs adhérents et leurs différents publics (scolaires, enseignants, public familial, ...) à y participer. Le public des lycées agricoles, avec qui des initiatives ont déjà été prises, présente aussi un potentiel intéressant.
- **Un public citoyen en lien avec les enjeux d'une collectivité territoriale, d'un territoire** : la propagation de la connaissance des sols et de leurs fonctions dans la société est de nature à stimuler l'implication citoyenne sur les grands enjeux d'usage et de protection de ce bien commun. Le déploiement d'un projet comme Clés de sols pourrait renforcer les compétences des citoyens sur des sujets comme le potentiel agronomique d'un sol en lien avec différents systèmes de production, l'aptitude à tel ou tel usage, l'artificialisation, la régulation de l'eau... Cette capacitation du public pourrait permettre d'éclairer le débat public en général et ainsi favoriser la prise en compte du sol dans la décision publique. Plus particulièrement dans les zones d'affrontement d'usage des sols, un projet comme Clés de sol pourrait prévoir le lever d'informations sur le terrain tout en favorisant la rencontre d'acteurs différents pour traiter des questions locales, à l'instar d'initiatives menées autour de milieux fragiles comme les zones humides ou les cours d'eau.
- **Un public intéressé par les questions environnementales** : naturalistes, randonneurs, enseignants de sciences naturelles et leurs élèves/étudiants, etc.
- **Un public en lien avec l'entretien, l'amélioration des sols**, en charge de dossiers de remédiation des sols pollués, de gestion agro-écologique des sols... Les agriculteurs, qui sont des acteurs privilégiés de l'usage et de la gestion du sol, entrent dans ce type de public. Il est toutefois nécessaire de prêter attention aux grandes disparités de connaissance des sols entre les agriculteurs eux-mêmes, mais aussi entre ceux qui les accompagnent.

Les deux premières catégories de publics sont a priori motivées par les biens communs et les zones visées par leur participation sont autant les communes rurales que les communes périurbaines. Le groupe 3 est un public de gestionnaires du sol, pour lequel il faut prévoir d'attacher une information qui qualifie les fonctions du sol en rapport avec ses problématiques de gestion.

¹ Tous Chercheurs est une association loi 1901, créée par des chercheurs désireux d'initier un large public à l'observation et à la démarche scientifique. Elle propose des stages d'expérimentation en biologie. Les stagiaires bénéficient d'un encadrement par des chercheurs qui les guident dans toutes les étapes de leur travail : observation, questionnement, hypothèse, expérimentation, discussion et présentation des résultats.

1.4. Par quels outils et méthodes acquérir des informations sur le sol ?

L'objectif de recherche, à savoir la densification de l'information sur les sols, est l'objectif premier du projet de sciences participatives. Pour y répondre, les scientifiques ont établi une liste de variables à collecter. Les choix ont également été guidés par la possibilité de proposer des méthodes simples et ne nécessitant pas de matériel ou méthodes sophistiqués. Toutefois, l'objectif de cartographie impose des contraintes sur les modes de collecte des informations, qui peuvent se résumer comme suit :

Aller au-delà d'une observation de surface, même à la bêche, pour investir l'observation en profondeur, à au moins 50-60 cm. En effet, les scientifiques ont accès à beaucoup d'informations de surface via des méthodes de télédétection. Cependant, la caractérisation et l'identification des sols requièrent l'acquisition d'informations en profondeur, d'accès beaucoup plus difficile.

Passer un temps significatif sur le terrain, pour acquérir une palette de propriétés décrivant le paysage, la surface du sol, mais aussi pour lever quelques propriétés du sol sur plusieurs niveaux. Le temps de réalisation sera nécessairement significatif, et la qualité des observations sera d'autant meilleure que les sites décrits par un même contributeur seront nombreux.

Prélever des échantillons de sol sur le terrain et procéder à quelques déterminations au retour. Certaines variables nécessitent un peu de matériel pour être levées. Pour des raisons de coûts, les échantillons ne doivent pas être stockés ou expédiés, mais faire l'objet de mesures par le public, sur place ou à la maison par exemple. Ces mesures concernent le pH, la couleur et la texture (adaptation possible de cette liste). Afin de faciliter le travail, nous avons parfois proposé plusieurs protocoles, pour lever la même propriété du sol. Par ailleurs, nous avons sélectionné des protocoles simples : à titre d'exemple, la teneur en matière organique du sol ne peut être mesurée de façon simple, en revanche, la couleur permettra d'approcher cette grandeur.

L'objectif de faire appel à des publics divers, avec des niveaux d'expertise très hétérogènes, impose également des contraintes, tant pour les phases d'acquisition des données sur les sols que de restitution de l'information vers le public.

Des démarches progressives, attractives et utilisant un langage accessible s'imposent donc, compte tenu des enjeux d'éducation (initiale et populaire) et de formation. Cela suggère de mettre en place parallèlement des démarches co-construites de diffusion et de remontée d'information.

Pour susciter l'intérêt du public, une première initiative pourrait être de rendre visible et compréhensible l'information actuellement disponible sur les sols. Dans un premier temps, la carte des sols au 250 000^{ème}, disponible sur la France entière très prochainement, pourrait être une échelle pertinente. L'information diffusée pourra s'appuyer dans un premier temps sur la couche « sol » qui sera bientôt mise à disposition via le Géoportail (action menée par le Réseau Mixte Technologie Sols et Territoires). Dans un second temps, la légende de ces cartes pourrait être adaptée, par le vocabulaire et l'iconographie, de façon à en faciliter la compréhension par les publics visés. Par exemple, on pourrait identifier des sols emblématiques, à préserver (tourbières, zones humides, landes..., ou des sols sensibles, fragiles, et à protéger (prairies et/ou forêt anciennes...). Une attention particulière devra être portée à la convivialité et l'attractivité des supports et outils tant de diffusion que de collecte de l'information. A cet égard, le support mobile semble intéressant. Dans un premier temps ce travail peut se concentrer sur des secteurs pilotes.

Cibler des remontées d'informations qui puissent être accessibles sans expertise spécifique au sol. Comme indiqué précédemment, nous avons privilégié des variables pour lesquelles nous pouvions proposer au moins un protocole simple, voire plusieurs, comme pour la détermination de la profondeur ou du pH du sol. Autre exemple, nous avons ciblé la couleur du sol et son uniformité, variables qui pourront être utilisées pour caractériser la teneur en matière organique du sol et son hydromorphie. La description d'un profil de sol a été information considérée comme trop technique,

et a été exclue des propriétés à collecter. Par contre, cette information sur le profil de sol, si elle est disponible, peut être diffusée vers le public à titre de formation.

Développer quelques indicateurs de fonctions et services. Pour rendre les approches participatives attractives, il serait pertinent de transformer des approches de simple inventaire d'identification des sols, en des approches « positive » : passer de « c'est... » ou « ce qu'il ne faut pas faire » à « ce que l'on pourrait mieux faire pour atteindre certains objectifs ». Ce type d'approche pourrait être plus attractif non seulement pour les agriculteurs, mais aussi pour des jardiniers amateurs. Il pourrait s'agir dans un premier temps de fournir quelques indicateurs, la liste pouvant s'enrichir, notamment au travers de travaux sur les services écosystémiques des sols. Il s'agit aussi de le faire sur les zones tests, celles-ci étant considérées comme des zones pilotes.

1.5. Quelles propriétés relever, pour quelles fonctions des sols ?

Le travail réalisé pour élaborer le projet Clés de sol a conduit à l'identification d'un panel de propriétés, qui sont principalement (Tableau 1) :

- La position du site, pour en évaluer la représentativité, pour s'assurer de la qualité de l'information acquise ;
- Le contexte paysager, notamment la position topographique, la pente, la proximité au cours d'eau, les usages des sols... qui vont indiquer, par exemple, la vraisemblance d'une traduction de critère de couleur en propriété d'hydromorphie, la vraisemblance d'une traduction de couleur en teneur en matière organique, en lien avec les usages des sols, les successions culturales...
- La surface du sol, en relation avec la couverture du sol, sa permanence dans le temps, l'éventuel aspect crouté du sol en relation avec des propriétés de stabilité structurale, de battance du sol. La présence de cailloux est également importante en lien avec des enjeux de production agricole. La présence de déjections (turricules de vers de terre) est un indicateur de l'activité biologique du sol.
- L'épaisseur du sol, mesurée à la tarière, par une gouge ou une simple tige filetée, propriété qui a une grande importance, avec la texture, sur la réserve en eau du sol, l'alimentation en eau des plantes, la lixiviation des solutés comme le nitrate.
- Les couleurs à différentes profondeurs, qui peuvent être un indicateur de la teneur en matière organique du sol, de l'hydromorphie. On pourra s'attacher tout autant à la couleur dominante qu'à l'hétérogénéité de la couleur, la présence de taches de couleur, indiquant une hydromorphie, c'est-à-dire la stagnation de l'eau et son rôle sur les états du fer, du manganèse dans les sols.
- La texture qui contribue à un grand nombre de propriétés, notamment la réserve en eau du sol, par le biais de la porosité, la stabilité de la structure qui prévient la battance.
- Le pH qui agit sur la fertilité du sol, en lien avec l'activité biologique.

Tableau 1 : Liste des propriétés des sols retenues dans le projet Clés de sol et principales fonctions auxquelles elles contribuent

	Propriétés des sols	Principales fonctions des sols
La position du site	Représentativité, qualité de l'information acquise	
Le paysage	Lien avec l'hydrosystème, les usages des sols, processus de formation des sols	
La surface du sol	Structure du sol, matière organique du sol, pierrosité, présence de déjections (turricules de vers de terre)	Erosivité, fertilité des sols, vie du sol, facilité du travail du sol
L'épaisseur	Réserve en eau du sol	Régulation de l'eau, fertilité des sols
Les couleurs (à différentes profondeurs)	Teneur en matière organique, hydromorphie	Régulation de l'eau, du climat. Fertilité des sols
La texture (à différentes profondeurs)	Stabilité structurale, réserve utile du sol	Régulation de l'eau, fertilité des sols
Le pH (à différentes profondeurs)	Acidité, mobilité des éléments chimiques, activité biologique	Fertilité des sols, effets des amendements réalisés par l'homme, émission de N ₂ O,...

En amont de la définition d'un cahier des charges précis d'un outil de science participative pour améliorer la cartographie des sols, trois actions ont été menées :

1. Un travail de benchmarking (parangonnage) des initiatives françaises et internationales sur le sujet a permis d'identifier des points intéressants, et de s'appuyer sur ces initiatives ;
2. Des enquêtes ont été réalisées pour identifier ce que le public des associations serait prêt à faire en terme de recueil des caractéristiques des sols ;
3. Des protocoles ont été proposés, qui restent à valider, puis à tester avant d'être diffusés.

Ces trois actions sont présentées dans la suite du document.

II. Initiatives de sciences participatives sur les sols

Cet exercice de benchmarking a pour premier objectif de recenser les projets et initiatives proposant au public de collecter de l'information sur les sols, afin de densifier l'information préexistante. Nous avons examiné quel type de donnée était collecté, le processus de dialogue entre le public et les scientifiques, tant pour l'acquisition d'information sur les sols que pour la formation des publics au sol et la mise à disposition d'information.

2.1. Inventaire des projets portant sur les sols

Dans un premier temps, les initiatives répondant aux mots clés « soil », « mapping » et « citizen science » ou « soil » et « education » ont été recherchées. Contrairement aux projets de sciences participatives portant sur la biodiversité, les projets portant sur les sols sont assez peu nombreux. A titre d'exemple, sur 234 projets de sciences participatives portant sur l'environnement recensés en Grande Bretagne en 2012, 2 seulement faisaient référence au sol (Rossiter et al., 2015). Cette relative rareté est liée à la complexité inhérente au lever d'informations sur les sols, en comparaison à l'observation d'espèces animales et végétales dans les projets portant sur la biodiversité.

Certaines applications mobiles comme la série *SoilWeb*, développée par l'université de Californie à Davis (<https://casoilresource.lawr.ucdavis.edu/soilweb-apps/>) ou *SoilInfo* développée par IRISC au Pays-Bas (<https://soilinfo.isric.org>) mettent à disposition du public des cartes de propriétés des sols collectées par les scientifiques. Cependant, ces initiatives n'entrent pas dans le champ des sciences participatives, puisque le public n'est pas invité à renseigner les bases de données. De plus, la consultation des cartes reste complexe pour un public non averti. On peut également citer pour mémoire le projet de recherche collaborative co-financé par l'Union Européenne et auquel participe notamment l'unité Infosol de l'INRA : LANDMARK (2015-2019). Il n'entre pas dans le champ des sciences participatives mais, l'un de ses objectifs étant la mise à disposition d'information sur les sols, notamment à l'échelle de la parcelle, il sera important que le projet Clés de Sols puisse bénéficier de ses avancées.

Trois initiatives faisant appel au public pour la levée d'informations sur les sols ont été recensées : MySoil ; Soil and Earthworm survey et LandPKS. La posture vis-à-vis de l'éducation à l'environnement, les informations collectées, leurs modalités de levée, de même que le traitement et l'usage qui en sont faits diffèrent. Il s'agit ici de déceler les informations qui pourraient être réutilisées pour élaborer le cahier des charges de Clés de sols.

2.1.1. Projet MySoil

Brièvement, le projet **MySoil** propose au grand public de saisir de l'information sur les sols britanniques au moyen d'une application mobile. Cette même application permet en retour d'accéder à une information simplifiée sur l'occupation du sol, sa profondeur, sa teneur en matière organique (high, medium, low), son pH et sa texture de surface (en 6 classes). Cependant, les informations collectées, simplifiées et ne concernant que la surface, ne sont pas de nature à contribuer à l'enrichissement des bases de données sur les sols. D'autre part, les documents destinés à guider le public pour la levée d'informations sont très peu détaillés.

2.1.2. **Projet Soil and Earthworm survey (OPAL)**

Le projet **Soil and Earthworm survey** fait partie d'un ensemble d'initiatives britanniques d'éducation à l'environnement et de collecte de données par le public (arbres, insectes, eau, air), dénommées Open Air Laboratories (OPAL) (Bone et al., 2012). La collecte a pour objet les vers de terre et les données sur les sols se limitent à sa surface (10 cm) : usage du sol, distance à des routes, signes de pollution, couverture végétale, densité des racines, pH, texture en 11 classes, couleurs (nuancier avec 14 couleurs), odeur, comptage et identification des vers de terre. Bien qu'il ne propose pas d'outil de saisie en ligne, ce projet se distingue par la grande qualité du guide de collecte d'information destiné au public (présenté *in extenso* dans les annexes de l'article publié par Bone et al. (2012)). Ces auteurs décrivent également comment les données collectées sont vérifiées et validées avant d'être mises à disposition du public en ligne. Depuis son lancement en 2009, ce projet a bénéficié de 5313 réponses validées, avec toutefois une densité inégale tant selon les années, avec une sensibilité importante à l'effort de communication autour du projet, que selon la localisation géographique, le milieu suburbain étant le plus représenté.

2.1.3. **Projet Land-Potential Knowledge System**

Le Land-Potential Knowledge System (**LandPKS**) est un projet d'ambition planétaire dont l'objectif à long terme, est de « construire un système d'information mondial permettant aux acteurs (agriculteurs, organisations de développement, gouvernements nationaux...) de partager et appliquer les pratiques les plus adaptées pour maintenir le potentiel des sols » (Herrick et al., 2016). Des expériences pilotes sont actuellement en cours dans cinq pays africains (Kenya, Namibie, Malawi, Tanzanie, Uganda) et au Népal. L'objectif d'enrichissement des bases de données sur les sols est clairement affiché, mais l'information sur cette étape du processus n'est pas disponible. En particulier, le maillage de levée d'informations et les modalités de validation des données collectées ne sont pas décrits. Cependant, ce projet est assorti de deux applications mobiles, *LandInfo* et *LandCover*, très complètes et conviviales. Outre les informations de surface (usage, pente, végétation), elles permettent la saisie d'informations sur les sols (épaisseur, texture) jusqu'à 120 cm de profondeur, et décrivent de façon détaillée la façon de les obtenir. Le projet étant d'ambition internationale, un travail important d'iconographie a été fait afin de limiter les parties rédigées.

2.1.4. **Autre projet de mise à disposition d'information**

Nous avons également localisé un projet piloté par le NRCS aux Etats-Unis (**Web Soil Survey** <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>), qui, sans afficher ni l'objectif de collecte de données sur les sols, ni celui de participation, se donne les moyens de l'éducation du public sur le sol. Ce site, en plus de nombreuses explications sur les propriétés et fonctions du sol, propose une série de fiches à destination des enseignants décrivant des protocoles simples pour renseigner quelques propriétés des sols et les interpréter en termes de qualité des sols. Il propose également une série de vidéos de démonstration et relate des événements d'animation destinés au grand public autour des sols (stands de démonstration au champ, livres de coloriage pour les plus petits...).

Tableau 2 : Projets de sciences participatives sur les sols

Informations levées	Par qui ?	Guide pour la levée	Outil de saisie	Vérification de la qualité des contributions	Cartographie	Restitution
MySoil (UK) - British Geological Survey - http://www.bgs.ac.uk/mysoil/						
pH et texture (6 classes) de surface + photos	Grand public	Sommaire	Application mobile	Non	Non	Cartes consultables Web
OPAL Soil and Earthworm survey (UK) - Imperial College London, Environment Agency of England and Wales, Natural History Museum) - https://www.opalexplornature.org/dataexplorer/surveytype/soilsurvey						
En surface (10 cm) : usage, distance à des routes, signes de pollution, couverture végétale, densité des racines, pH, texture (11 classes), couleurs (nuancier avec 14 couleurs), odeur, comptage et identification des vers de terre	Grand public	Très détaillé et attrayant (format papier)	Papier	Oui (méthode décrite)	Non	Cartes consultables Web
LAND PKS (Etats-Unis) - U.S. Department of Agriculture (USDA) & New Mexico State University - https://www.landpotential.org/						
<i>LandInfo</i> : Usage du sol, pente (densité et forme), épaisseur, texture de surface et subsurface (120 cm) + photos <i>LandCover</i> : type de végétaux (arbres, buissons, pérennes, annuelles), densité, hauteur, espèces	Agriculteurs ? Grand public ?	Très détaillé et convivial	Application mobile	Oui (mais information non accessible)	Oui (mais information non accessible)	Information non accessible (projets locaux de développement ?)

Au total, nous n'avons donc pu recenser que trois projets s'approchant de nos objectifs d'enrichissement des bases de données sur les sols, d'éducation et de participation du public. L'un d'eux seulement (LandPKS) affiche une ambition de cartographie, avec la collecte d'informations selon des protocoles simples, sur une profondeur suffisante. Le projet OPAL sur les vers de terre présente lui aussi les protocoles d'acquisition d'information de façon attrayante et propose une voie de restitution de l'information au public.

2.2. Des points de vigilance identifiés

La participation du public à l'acquisition de données scientifiques impose des précautions et étapes supplémentaires par rapport au schéma classique de travail exclusif par des scientifiques. Notre attention a porté sur la proposition de protocoles simples, mais nous devons encore instruire un certain nombre de questions que nous aborderons notamment lors de la phase de test prévue avant le déploiement du projet. Certaines publications proposent des pistes et outils pour répondre à ces questions (Wiggins et al., 2013 ; Bentz et al., 2016 ; Burgess et al., 2017).

Les protocoles et les outils doivent être développés et validés pour tenir compte des biais éventuels avec des méthodes de référence. De même que les outils de collecte, ils doivent correspondre à la représentation que se fait le public du paysage et du sol, pour permettre une saisie fiable des données.

Il sera nécessaire de se doter d'outils et de mécanismes de contrôle et d'évaluation de la qualité des données fournies par le public. Les outils doivent intervenir en amont de la collecte, avec la formation des animateurs qui guideront le public, voire la formation du public, pour garantir l'accomplissement de gestes appropriés. Ils doivent aussi intervenir *a posteriori* (tests de vraisemblance).

Comment utiliser des données collectées dans des lieux peu pertinents par rapport aux objectifs de cartographie, ou comment susciter la sélection de points de collecte les plus pertinents dans une région donnée ? Le travail sur des cartes préexistantes et/ou dans des zones de conflit d'usage pourrait faciliter l'atteinte de cet objectif.

Comment maintenir l'intérêt du public sur un temps assez long pour que l'objectif de densification de l'information puisse être atteint ?

III. Enquêtes sur les attentes et l'investissement possible des cibles

En 2017, deux enquêtes ont été menées : l'une auprès d'étudiants en agronomie et de professionnels du secteur agricole (n=8), l'autre auprès de 7 associations d'éducation citoyenne (5 CPIE et de 2 associations de protection de la nature et de l'environnement), sélectionnées pour leur implication dans des actions sur les sols. Il s'agissait pour le comité de pilotage d'évaluer les conditions de faisabilité :

- 1) de la collecte d'information sur les sols par le public ;
- 2) de la propagation de la connaissance des sols et de leur diversité dans la société.

Figure 1 : Liste des CPIE et membres de FNE ayant répondu au questionnaire



3.1. Propriétés d'intérêt

La première partie du questionnaire était consacrée aux fonctions et propriétés d'intérêt. Les scientifiques ont listé 10 propriétés *a priori* d'intérêt pour leurs besoins de cartographie (Tableau 3) et les ont proposées aux associations ou aux professionnels, assorties d'une fiche explicative notamment quant à leur contribution aux grandes fonctions du sol (Régulation du climat, de la qualité de l'eau, production alimentaire...). Les personnes enquêtées les ont classées par ordre d'intérêt (Tableau 3).

Il ressort de ce classement que :

- **La végétation** est plébiscitée
- **La sensibilité à l'érosion** (qui dépend de la topographie, de la pierrosité, de l'hydromorphie) est bien classée tant par les associations que par les professionnels

- **L'épaisseur** est moyennement classée par les associations mais approuvée par les professionnels
- **La couleur et la texture** sont mal classées par les associations mais approuvées par les professionnels
- **Le pH**, variable de grand intérêt selon les scientifiques (fertilité), est mal classé tant par les associations que par les professionnels

Tableau 3 : Classement des propriétés du sol par les associations d'éducation citoyenne et les étudiants/professionnels du secteur agricole

	Associations	Professionnels/étudiants
Végétation	1	1
Type de sol	2	5
Sensibilité à l'érosion	3	2
Structure	3	5
Profondeur	4	1
Teneur en matière organique	4	3
Hydromorphie	4	3
pH	5	4
Couleur	5	2
Texture	5	2

3.2. Conditions d'acquisition des données et nombre de points levés

Toutes les associations s'accordent sur la nécessité de proposer des protocoles simples et qui permettent un travail rapide (de l'ordre d'une heure de la phase « observation sur le terrain » à la phase de saisie des informations). Par ailleurs, chaque association ne pourrait mobiliser qu'un réseau de taille inférieure à 10 personnes, si bien que le nombre annuel de relevés par association serait de 5 à 30. A ce stade, il existe donc une différence importante entre la perception des associations et les objectifs des scientifiques, pour lesquels le temps requis pour un point de relevé, avec une phase d'observation sur le terrain, puis la réalisation de mesures « à la maison » devrait excéder une heure et qui auraient besoin d'un nombre plus important de relevés pour répondre à l'objectif de densification.

3.3. Sujets d'intérêt (pour les associations d'éducation à l'environnement)

Le questionnaire adressé aux associations leur a permis de s'exprimer sur les sujets d'intérêt pour elles. Il en ressort que la plupart d'entre elles ont une expérience sur la biodiversité dans les sols (des microorganismes aux vers de terre). Elles sont à l'initiative d'animations scolaires ou à destination du grand public sur le sol, et certaines sont des relais locaux de l'Appel du sol, une campagne européenne pour la protection des sols menée en 2016. Parmi les initiatives citées figurent des journées thématiques, la lecture de cartes pédologiques, la création de fosses pédologiques pédagogiques, l'organisation de relevés pédologiques et botaniques de caractérisation de zones humides dans le cadre des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU)... Certaines ont développé des outils comme des quizz sur les sols, des collections de tubes avec du sol...

A l'instar de ce qui est fait dans le cadre du projet OPAL conduit au Royaume Uni, une possibilité pourrait donc être d'adosser le projet Clés de sols à des projets portant sur la biodiversité dans les sols, en y ajoutant une dimension « qualité du sol ». Il faudrait alors construire des projets/événements abordant les interactions entre les caractéristiques physico-chimiques et la biodiversité du sol.

Une autre entrée pourrait être l'impact des pratiques (voire des usages) sur l'évolution de la qualité des sols : à l'échelle de la parcelle et à l'échelle du territoire, selon l'occupation des sols.

Enfin il serait possible de travailler sur les cartes pédologiques préexistantes et de chercher à les compléter dans des lieux particuliers choisis au regard des Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) et PLU. L'avantage de cette option est qu'elle préserve entièrement la dimension de cartographie du projet Clés de Sols et qu'elle peut être déclinée à différentes échelles (de la parcelle au territoire), selon les demandes/besoins des publics. Elle répond aussi très directement à l'objectif de formation et de capacitation des citoyens sur des enjeux locaux d'usage des sols.

Cette enquête démontre donc l'intérêt des associations d'éducation à l'environnement pour le sol. Les modalités de collaboration entre scientifiques et animateurs restent à élaborer afin de répondre aux contraintes de nombre et de qualité des informations levées par le public, et à celles d'éducation sur les sols et de maintien de l'intérêt autour de cette thématique.

IV. Recueil de protocoles

Encore plus que pour l'observation d'oiseaux, d'insectes, ou de plantes, l'observation des sols requiert la proposition de protocoles. Le recueil présenté ci-dessous résulte d'un travail en deux temps : 1) la sélection par les scientifiques d'un ensemble minimal d'informations à lever pour que l'objectif d'enrichissement des bases de données soit rempli et 2) l'élaboration d'un recueil de protocoles simples et présentés de façon attrayante et informative afin d'encourager la participation du plus grand nombre.

4.1. Principales sources d'information

- la série de fiches et de vidéos de démonstration simples à destination des enseignants produites par USDA NRCS pour évaluer la qualité des sols (*Soil quality indicator sheets*). (<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/assessment/?cid=stelprdb1237387>)

- https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052802.pdf
- https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050951.pdf
- USDA, 2001. Soil Quality Test Kit Guide. p. 82.
- USDA-USAID

- OPAL Soil and Earthworm Survey <https://www.opalexplornature.org/sites/default/files/7/file/soil-survey-field-guide-2014.pdf>;

- The Land-Potential Knowledge System (LandPKS) <https://www.landpotential.org/> et Applications smartphone : LandInfo et LandCover

- AGROCAMPUS OUEST : rapport d'un travail d'étudiants (niveau M1) préalable au présent document.

4.2. Propriétés à collecter

Une première liste d'actions à mener et de variables à collecter a été établie **par les scientifiques**. Elle correspond au minimum requis par rapport à l'objectif de cartographie. Cet objectif requiert notamment que la caractérisation du sol soit faite **au moins sur deux horizons pédologiques**, soit, à titre indicatif, de 0 à 20 cm et de 20 à 40 cm de profondeur. Le choix des variables à collecter a été guidé par la possibilité de proposer des méthodes simples et en particulier ne nécessitant pas de matériel ou méthodes sophistiqués. A titre d'exemple, la teneur en matière organique du sol ne peut être mesurée de façon simple, en revanche, la couleur permettra d'approcher cette grandeur.

Les variables à collecter concernent :

- Le **positionnement du site étudié** (choix du type de milieu, de la parcelle, et de l'endroit précis au sein de la parcelle où seront faites les observations)
- La **lecture du paysage** du site de prélèvement (relief, occupation du sol - grande catégorie et type de végétation - et d'autres éléments marquants du paysage comme la proximité d'un cours d'eau...)

- L'**observation du sol sur le terrain** (surface : recouvrement par la végétation, les turricules de vers de terre, battance, pierrosité ; détermination de la profondeur)
- Le **prélèvement de sol**
- Les **mesures** et observations sur le sol prélevé (**pH, texture, couleur** - homogénéité + traces d'**hydromorphie**)

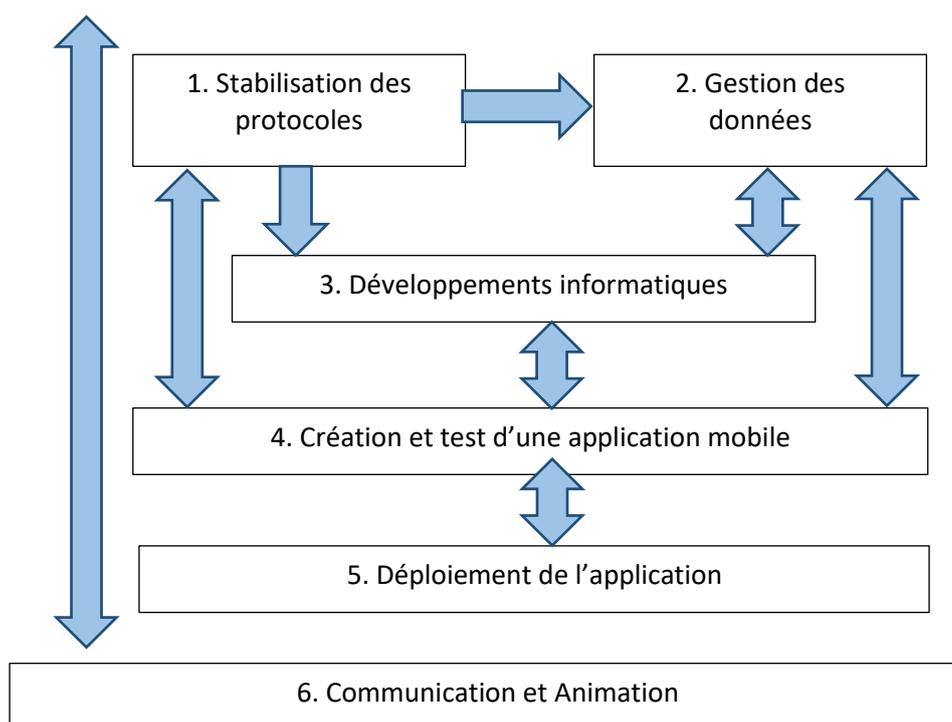
Ces protocoles sont annexés au présent document.

V. Etapes à envisager pour rendre opérationnel le projet Clés de sol

Actuellement, Clés de sol est une initiative de l'INRA, d'AGROCAMPUS OUEST et d'associations de protection de la nature et d'éducation à l'environnement, FNE et UNCPIE. Cette phase de préfiguration du projet a permis de cerner les objectifs et contraintes des parties prenantes, tant du côté des associations que de celui des scientifiques. Elle a permis d'identifier un certain nombre de questions à résoudre avant le déploiement du projet et la participation effective du public à la collecte d'informations sur les sols.

Le passage de cette préfiguration à un projet opérationnel de science participative nécessite de disposer d'un financement permettant le recrutement d'un chef de projet dédié, la production de supports de communication, des développements informatiques et l'animation du groupe de travail. Les tâches à mener au cours du projet s'articulent autour de 6 actions présentées dans la figure 2 et détaillés ci-après.

Figure 2. Structuration du projet Clé de sol en actions



1. Stabilisation des protocoles

Les protocoles d'observation des sols dans leur environnement naturel et « à la maison » doivent permettre de recueillir une information pertinente pour les scientifiques tout en étant accessible, attrayante, voir ludique pour le public d'observateurs.

Les protocoles doivent être préalablement calibrés et validés avec soin pour que les données collectées puissent être incorporées dans les bases de données, puis être utilisées pour préciser les cartes des sols existantes ou à venir. Cette stabilisation des protocoles doit aussi inclure leur test auprès d'un

public non scientifique et leur formalisation de manière attractive et compréhensible par un large public.

Les protocoles envisagés sont présentés en annexe de ce document. Ils doivent être validés et consolidés en ce qui concerne :

- Le fond : Les tests proposés font-ils sens ? Sont-ils pertinents ? Les erreurs sont-elles acceptables et quelles sont leurs sources ? Peut-on les corriger ? Si oui comment ? Les protocoles proposés sont-ils réalisables par des non spécialistes ?
- La forme : les protocoles sont-ils suffisamment explicites pour que les observateurs puissent être autonomes dans l'acquisition des données et produire des données fiables ?

Consolidation sur le fond des protocoles : calibration et validation des méthodes de mesure

Les méthodes proposées sont simplifiées et ne correspondent pas toujours aux méthodes de référence des experts. De plus, un échantillon collecté par le public fera l'objet d'une mesure unique (pas de répétitions). Il est important de vérifier l'adéquation aux objectifs de cartographie des méthodes proposées pour quantifier le pH (avec du papier pH et selon le test au chou rouge), la texture (selon les deux protocoles proposés), la couleur et les tâches d'hydromorphie.

Au cours de la phase préliminaire au projet, l'idée a été émise de travailler en collaboration avec l'association *Tous Chercheurs* (Pascale Frey-Klett et Annick Brun). Il s'agira dans un premier temps de rédiger un cahier des charges de la validation des protocoles d'observation des sols et de tests. Des échantillons pourront ainsi être analysés pour le pH, la texture, la teneur en matière organique selon les méthodes de références (analyses physico-chimiques) et selon les protocoles simplifiés, de façon à identifier les erreurs, le domaine de validité² des tests et la pertinence des protocoles. La communauté scientifique sera sollicitée pour identifier des protocoles complémentaires, qui pourront également être testés.

Pour ce faire, il faudra recueillir un ensemble d'échantillons, estimé globalement à 200. A titre de proposition, des échantillons issus du *Conservatoire des sols*, localisé et géré par l'unité Infosol de l'INRA d'Orléans, pourraient être mobilisés. Leur texture et leur pH (et les autres propriétés) y sont caractérisés selon les méthodes de référence. Ils pourraient être choisis pour couvrir une large gamme de pH, de textures, voire de couleurs et confiés à l'association *Tous Chercheurs* qui testeraient les protocoles. Cette proposition est conditionnée à l'obtention de ces échantillons. De plus, pour se placer dans les conditions réelles de mise en œuvre des protocoles, des tests devront être menés à partir d'échantillons fraîchement prélevés au champ. Un public scolaire pourrait également procéder aux déterminations du pH, de la texture et de la couleur selon les méthodes destinées au grand public. Cela impliquera des coûts analytiques, mais aussi logistiques pour acheminer, gérer et stocker les échantillons.

Ce travail doit permettre de déterminer :

1. L'exactitude des méthodes proposées par rapport à la méthode de référence et le cas échéant la quantification du biais ;
2. La précision (par exemple, répétition sur un même échantillon par le même opérateur et par des opérateurs différents).

Un cahier des charges de la validation des protocoles et expérimentations devra être rédigé par les scientifiques en collaboration avec l'association *Tous chercheurs* et/ou les autres interlocuteurs de cette tâche.

² Les tests et protocoles peuvent être pertinents pour la plupart des sols et conduire à des erreurs d'interprétation ou des résultats incohérents dans d'autres cas.

A partir des résultats obtenus et au regard des exigences en termes d'exactitude et de précision des données pour la cartographie, les scientifiques devront statuer sur la pertinence de la méthode et se donner éventuellement des règles de correction.

Consolidation sur la forme des protocoles et des voies de collecte des données

La présentation des protocoles proposés en annexe a été inspirée d'initiatives internationales d'éducation sur les sols ou de participation du public à la collecte d'information sur les sols. Toutefois, il est important de s'assurer qu'elle est suffisamment attrayante et compréhensible et qu'elle est en accord avec la représentation que se fait le public du paysage et du sol, afin de permettre une saisie fiable des données.

La phase de finalisation et de validation de la forme des protocoles débutera donc par un travail sur façon de les présenter, avec :

1. Une relecture critique des protocoles proposés (protocoles et masque de saisie des informations) par les associations.
2. A partir de cette relecture, la conception d'une mise en page attrayante des documents, avec un vocabulaire et une iconographie adaptés. La construction de ces supports pourra associer des équipes spécialistes de ludification.
3. La création de vidéos d'explicitation et de démonstration du processus complet (sélection du site échantillonné, collecte des échantillons, mesures sur le terrain et « à la maison », saisie...).

2. Gestion des données

Elaboration d'un plan de gestion des données

Les scientifiques sont les garants de la sécurité et de la qualité des données introduites dans les bases de données. Ils élaborent un plan de gestion des données de leur collecte, leur validation (par exemple mise en œuvre de tests de vraisemblance par rapport aux données observées et modélisées), à leur introduction dans les bases de données, puis à leur usage en cartographie.

Structuration d'une base de données

Les données collectées ainsi que leurs métadonnées (données sur les données) seront gérées au sein d'une base de données dont la structure reste à créer. La base de données devra être nationale et générique, permettant d'y inclure progressivement les données acquises localement. Pour qu'elle soit utilisable aisément par les scientifiques, elle devra être compatible avec le format DoneSol³ géré par l'unité infoSol de l'INRA d'Orléans. Les droits d'accès à la base des différents groupes d'interlocuteurs devront être définis, puis gérés au niveau de la base de données.

Réflexion de la propriété des données

Juridiquement, la collecte de données sur les sols est conditionnée par l'accord du propriétaire. Ceci constitue-t-il un frein au développement d'un projet de sciences participatives ? Avant d'aller plus avant, la consultation de juristes spécialistes de sols sur le projet doit être envisagée pour lever les doutes sur deux points :

- Comment obtenir et consigner l'accord des propriétaires et/ou exploitants de terrains analysés ?

³ Base de données nationale structurant et regroupant les données ponctuelles et surfaciques des études pédologiques. <http://www.gissol.fr/outils/donesol-web-336>

- A qui appartiennent les données collectées, et à qui et dans quelles conditions sont-elles cessibles ?

3. Développements informatiques

La construction d'outils informatiques est indispensable pour permettre d'une part aux observateurs de saisir les informations relevées, et aux scientifiques de valider et d'exploiter ces informations. C'est une partie conséquente du projet. Une attention particulière devra être portée à l'ergonomie et à la simplicité d'utilisation des outils. Ce travail devra se faire en collaboration avec des équipes spécialisées, notamment en ergonomie.

Les outils informatiques d'acquisition, d'archivage, de qualification / validation de l'information acquise (compétence informatique, base de données)

A partir des variables sélectionnées, du questionnaire élaboré, il faut développer des outils d'acquisition des informations de terrain, sur des supports de type smartphone, et concevoir la base de données permettant de stocker les informations et les métadonnées (voir Gestion des données). Il faudra également mettre en place des boucles d'intégration des données nouvelles pour produire les cartes. L'utilisation de ces données dans les modèles de cartographie et dans leur amélioration est une vaste tâche dans laquelle il faudra raisonner l'implémentation des données variées, dont des données issues des sciences participatives.

Les outils d'interrogation de l'information préexistante sur support mobile (compétences informatiques et médiation-éducation)

Les données et cartes, sont pour certaines, accessibles sur support informatique, mais aucune n'est encore adaptée à des supports de type smartphone. Un travail informatique doit être fait pour augmenter la portabilité des informations sur tout type de support, nécessitant une association de compétences informatiques et ergonomiques. Dans un premier temps ce travail peut se concentrer sur les secteurs pilotes où l'information est déjà disponible numériquement.

Les outils d'interrogation de l'information constituée

Un outil d'interrogation de la base de donnée constituée devra permettre de suivre l'évolution du remplissage de la base de données. Cela permettra de fournir des tableaux de bord au fur et à mesure de l'avancée du projet, pour contribuer à l'animation du réseau des collecteurs de données.

Ces travaux pourront s'appuyer sur l'application LandPKS, relativement proche des ambitions de Clés de sol, et sur l'appli mobile de lever d'information développées par l'INRA InfoSol pour le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS).

4. Création et test d'une application mobile

Les développements informatiques réalisés pour la création de l'application seront adaptés en version mobile pour diversifier les supports d'utilisation, et pour pouvoir consulter et saisir des informations directement sur le terrain.

5. Déploiement de l'application

Le déploiement des outils se fera en deux temps : en test avec des sites et acteurs pilotes, puis de façon opérationnelle.

Test de la procédure dans sa totalité

Un panel d'utilisateurs finaux testera et validera les outils qui seront créés, tant sur les aspects de faisabilité (voir « stabilisation des protocoles ») qu'informatique. Ces tests concerneront l'ensemble de la procédure, du choix du site à la saisie des données. Des zones géographiques et des tests seront identifiés. A ce jour quelques contacts sont pris par FNE et l'UNCPIE pour engager des phases de test. Ces tests seront limités notamment en terme de densité (l'enquête indiquant une possibilité d'engagement modérée).

A la suite de ces premiers tests, une possibilité est d'adosser ce travail à un programme de science participative sur la biodiversité des sols (Observatoire Participatif des Vers de Terre⁴), pour mutualiser les développements, mais aussi pour amplifier et compléter leur collecte. Le domaine agricole (Réseau d'agriculteurs, lycée agricole...) est également potentiellement intéressé pour contribuer aux tests grandeur nature des outils.

Ce travail de test pourrait être doublé par du personnel professionnel (entraîné à la caractérisation du sol), pour dégager d'éventuelles dérives et en proposer des corrections.

Formation des contributeurs

La formation des animateurs, qui à leur tour formeront le public des contributeurs, favorise la levée d'informations valides. Cette formation devra englober l'ensemble du processus : du choix du site de prélèvement à la saisie des données. Par exemple, avec Tous Chercheurs, il est envisageable de construire des stages sur un continuum de sols avec des usages différents (forêt, prairie, culture).

Elaboration des actions de collecte et d'éducation par les associations

Là où c'est possible, les associations impliquées pourront élaborer un programme d'éducation prévoyant des animations, la création d'outils pédagogiques complémentaires à ceux développés dans Clés de sol, et le recueil d'informations sur les sols, conformément au recueil de protocoles validés. Diverses approches peuvent être envisagées comme l'adossement à des animations sur la biodiversité, l'étude de l'impact des pratiques sur les propriétés du sol, cartes à compléter dans des zones de conflit d'usage...

Bilan

Les scientifiques, avec les animateurs d'associations font le bilan de la campagne de recueil d'informations sur les sols :

- Du point de vue des scientifiques : la qualité et la densité des données sont-elles satisfaisantes ?
- Du point de vue des associations : le recueil d'informations sur les sols a-t-il été favorable à l'éducation sur les sols ? Quels sont les freins au déploiement opérationnel ?

⁴ <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/>

6. Communication et Animation

Dans un projet de science participative, la communication est cruciale, à toutes les étapes du déroulement du projet et dans la phase applicative de l'outil. Les actions de communication seront gérées à deux niveaux : entre les partenaires du projet, ceux-ci ayant des cultures, des missions, des publics cibles et des moyens d'actions différents ; vers les utilisateurs des outils qui seront créés. La communication interne au projet correspond à son animation.

Communication des scientifiques : quelles données sur les sols pour quel besoin de recherche ?

Les scientifiques doivent préparer un argumentaire à destination des observateurs et des relais dans les associations explicitant le projet, l'intérêt de la densification de l'information sur les sols et d'une contribution de la collecte des données par le public. Cet argumentaire éclaire également sur les propriétés des sols choisies en relation avec les grandes fonctions (régulation, production...) qu'ils souhaitent obtenir.

Promotion du projet

La promotion du projet doit être prévue en amont du projet. Le programme de promotion comprendra notamment la création d'un site internet, des communiqués de presse (locale, nationale, spécialisée, ciblée). La promotion du projet pourra également passer par la réalisation et la diffusion d'une vidéo de quelques minutes (exemple de l'Office Pour les Insectes et leur Environnement (OPIE) : <https://www.youtube.com/watch?v=nH1wypYKgEg>).

En plus de l'explication du projet, le site internet comprend un espace d'information sur les sols, le recueil de protocoles, des vidéos explicatives. Un outil de saisie en ligne des observations et un outil d'accès aux données sur les sols (des cartes quand c'est possible) seront accessibles.

Une animation nécessaire à toutes les étapes du projet

L'animation du projet est cruciale tant au moment de la conception des outils (échanges entre les scientifiques et les associations), qu'en amont du déploiement (formation) et qu'en aval (retour aux utilisateurs, animation du réseau des collecteurs de données...) afin que les objectifs d'éducation sur les sols, de participation du public et de collecte d'information utilisable par les scientifiques soient atteints.

Lors de la phase de test, scientifiques et animateurs interagissent étroitement pour préparer les conditions du déploiement. Il s'agit de préciser les conditions de la participation du public pour assurer la levée d'informations pertinentes et en nombre suffisant et évaluer le potentiel du projet pour atteindre l'objectif de l'éducation du public au sol.

L'animation devra également assurer un contact étroit entre les scientifiques, associations et informaticiens au moment de la constitution de la base de données et de la création des outils informatiques.

De même, la phase de validation scientifique des protocoles devra faire l'objet d'une étroite collaboration entre les scientifiques et *Tous chercheurs* ou autre association ou acteur qui validera les protocoles.

Les modalités générales de l'animation (nombre et fréquence de réunions, outils de travail collaboratifs, porter-à-connaissance de l'avancement...) devront être définies.

Points de vigilance

Un point d'attention particulier concerne le fait de faire vivre projet au-delà de son développement, et de se donner les moyens de le faire vivre. En effet, cette action ne trouvera son sens que dans la durée pour collecter un nombre significatif de données et porter le sol et les enjeux qui lui sont liés à la connaissance d'un grand nombre de citoyens.

L'animation d'un tel projet représente un travail conséquent et nécessite qu'une personne y soit dédiée, donc de mobiliser des financements pour cela.

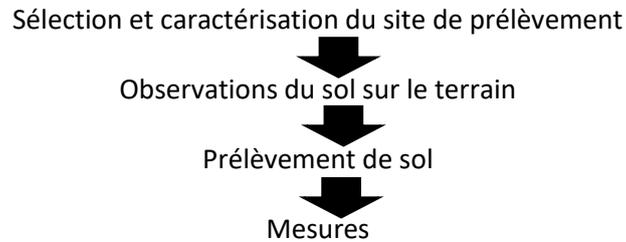
VI. Références

- Bentz, E., Joigneau-Guesnon, C., Vong, L., Zagatti, P., 2016. Sciences participatives et biodiversité. Conduire un projet pour la recherche, l'action publique, l'éducation. Guide de bonnes pratiques. Collectif National Sciences Participatives - Biodiversité, p. 78.
- Bone, J., Archer, M., Barraclough, D., Eggleton, P., Flight, D., Head, M., Jones, D.T., Scheib, C., Voulvoulis, N., 2012. Public Participation in Soil Surveys: Lessons from a Pilot Study in England. *Environmental Science & Technology* 46, 3687-3696.
- Burgess, H.K., DeBey, L.B., Froehlich, H.E., Schmidt, N., Theobald, E.J., Ettinger, A.K., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Parrish, J.K., 2017. The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool. *Biological Conservation* 208, 113-120.
- Herrick, J.E., Beh, A., Barrios, E., Bouvier, I., Coetzee, M., Dent, D., Elias, E., Hengl, T., Karl, J.W., Liniger, H., Matuszak, J., Neff, J.C., Ndungu, L.W., Obersteiner, M., Shepherd, K.D., Urama, K.C., van den Bosch, R., Webb, N.P.C.e., 2016. The Land-Potential Knowledge System (LandPKS): mobile apps and collaboration for optimizing climate change investments. *Ecosystem Health and Sustainability* 2, e01209-n/a.
- Rossiter D.G., Liuc J., Carlisle S., Zhu A.-X., 2015. Can citizen science assist digital soil mapping? *Geoderma*, 259-260, 71-80.
- Voltz, M., Arrouays, D., Bispo, A., Lagacherie, P., Laroche, B., Lemercier, B., Richer de Forges, A., Sauter, J., Schnebelen, N. 2018. La cartographie des sols en France : Etat des lieux et perspectives. INRA, France, 114 pages.
- Wiggins, A., Bonney, R., Graham, E., Henderson, S., Kelling, S., LeBuhn, G., Littauer, R., Lotts, K., Michener, W., Newman, G., Russel, E., Stevenson, R., Welzen, J., 2013. Management Guide for Public Participation in Scientific Research. DataONE, Albuquerque, NM, p. 15.

VII. Annexe : proposition de protocoles

1. Les grandes étapes et le matériel nécessaire

a. Grandes étapes



b. Le matériel nécessaire

Munissez-vous :

- d'un appareil photo
- des fiches protocoles
- de la fiche d'enregistrement et crayons (dont feutre indélébile pour annoter sachets et seaux)
- d'une tige filetée + maillet, d'une gouge, d'une tarière idéalement de 7 cm de diamètre au niveau de la tête et/ou d'une bêche
- d'un mètre
- d'un couteau
- d'un vaporisateur rempli d'eau

Tableau à vérifier/compléter

Action	Matériel	Temps (mn)
Sur le terrain		
Lecture du paysage	Appareil photo	5 à 15
Profondeur	Tige filetée, maillet, mètre ($\geq 1,5$ m) OU Tarière (120 cm), mètre ($\geq 1,5$ m)	5
Observations de surface	Peut être utile : un cadrat de 25 * 25 cm	
Recouvrement végétal		2
Turricules		2
Battance		2
Echantillonnage		
Avec une bêche	Bêche ou pelle, mètre (≥ 1 m), 2 sachets congélation (50 ml), seau ou bâche, feutre indélébile	30 à 60
Avec une gouge	Gouge (60 cm), mètre (≥ 1 m), 2 sachets congélation (50 ml), seau ou bâche, feutre indélébile	15 à 30
Avec une tarière	Tarière (120 cm), mètre ($\geq 1,5$ m), 2 sachets congélation (50 ml), seau ou bâche, feutre indélébile	30 à 60
Au « laboratoire » (par horizon)		
pH		
Papier pH	Flacon 120 mL avec bouchon, eau distillée ou eau de pluie, du papier pH avec nuancier, louche ou tasse, verre	15
Chou rouge	600 à 800 g de chou rouge, casserole (> 3 l), eau, verres, bicarbonate, vinaigre	30
Texture	Tasse, pilon, tamis 2 mm (non obligatoire), eau	15
Couleur et traces d'hydromorphie	Vaporisateur rempli d'eau, nuancier	5 à 10

2. Positionnement du site étudié

Concernant le positionnement du site étudié, des choix doivent être faits à deux niveaux :

1. Quel type(s) de milieu(x) souhaitez-vous inventorier ? milieu naturel (boisé, lande, littoral, zone humide...) ou anthropisé (culture, prairie, jardin, espace public...) ?

Une fois ce choix fait, vous pouvez consulter les documents disponibles notamment sur internet pour caractériser le site avant de s'y rendre. Il peut s'agir de cartes géologiques, de cartes pédologiques, de photographies aériennes, de cartes topographique au 250 000, etc. Ces informations sont disponibles à partir de l'outil Géoportail, du site internet Infoterre du BRGM ou de sites dédiés au sol existant dans certaines régions. Cela permet de prendre connaissance des particularités éventuelles du site, de son contexte topographique, de sa proximité vis-à-vis de milieux sensibles comme un cours d'eau, un étang, une mare, ou d'une agglomération par exemple.

2. Une fois la parcelle à étudier sélectionnée, comment choisir l'endroit où sera faite l'observation ?

Pour que l'observation soit la plus représentative possible, il faudra choisir une zone homogène et non perturbée par les activités humaines. Tant que faire se peut, il faudra éviter :

- Les zones fortement perturbées comme les ornières ou les entrées de champ ;
- Les zones ayant servi à faire du feu ;
- Les anciennes zones d'habitation ou anciens chemins ;
- Les bords de route ou de chemin ;
- La proximité immédiate des arbres, qu'ils soient disposés en haie ou isolés ;
- Les zones de rupture de pente ou géologique comme les pieds de falaise.

Il faudra se placer à une distance d'au moins 20 mètres de ces éléments, sauf dans le cas où vous voulez estimer l'effet de ces éléments du paysage. Par exemple, vous pouvez souhaiter mettre en évidence l'effet d'une haie perpendiculaire à la pente sur la profondeur du sol ou l'épaisseur des horizons riches en matière organique. Dans ce cas, vous placerez des observations de part et d'autre de la haie à différentes distances de celle-ci.

3. Lecture du paysage du site de prélèvement

Une fois que le site d'étude a été positionné, il faut le caractériser le paysage environnant, avant de se pencher sur le sol en lui-même. En effet, le sol est en relation avec le relief, la végétation, la géologie, etc. et observer ces caractéristiques renseigne déjà sur le sol avant même de l'observer directement. Cela permet aussi de contextualiser l'observation, pour mieux l'interpréter.

a. Caractérisation du relief

Voir land PKS : type de pente, intensité de la pente

b. Caractérisation de l'occupation du sol

Reprendre les nomenclatures existantes (éventuellement suivant un arbre de décision). Exemple de nomenclature à retravailler :

- Milieu naturel
 - Zone boisée
 - Forêt de feuillus
 - Forêt de conifères
 - Forêt mixte
 - Taillis
 - Lande
 - Lande sèche
 - Lande humide
 - Zone humide
 - Marais
 - Tourbière
- Milieu agricole
 - Prairie
 - Prairie permanente
 - Prairie temporaire
 - Cultures
 - Céréales
 - Maïs
 - Colza
 - Tournesol
 - Interculture
 - Autre
 - Culture non identifiée

Un relevé floristique pourra être fait, en fonction des compétences disponibles et des objectifs de l'étude. De tels relevés sont de très bon indicateurs de l'état du sol et du fonctionnement du milieu.

c. Autres éléments marquants du paysage

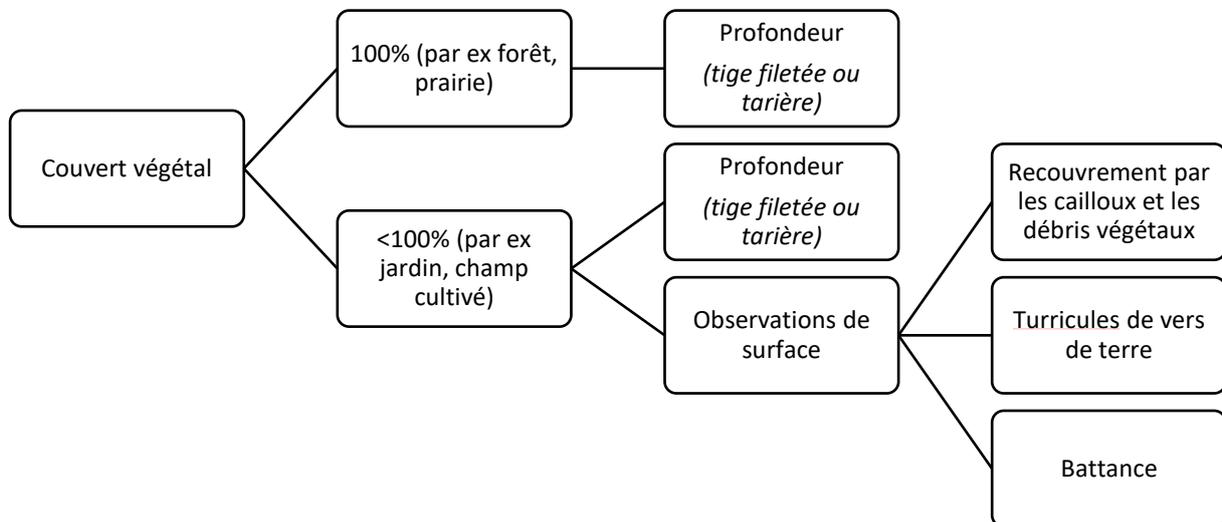
Relever les informations comme la distance à la haie la plus proche, la distance à un cours d'eau, à une zone humide...

d. Prise de photographies

Prendre des photographies du paysage dans les 4 directions cardinales (nord, est, sud, ouest), selon les exemples ci-dessous :



3. Observation du sol sur le terrain



a. Observation de la surface du sol

- ✓ Si le sol est entièrement couvert par de la végétation ou des débris végétaux (prairie, forêt), les déterminations qui suivent ne sont pas possibles à relever.
- ✓ Si le sol n'est pas entièrement couvert par de la végétation ou des débris végétaux (cultures annuelles ou pérennes, maraîchage, jardin par exemple) :
 - évaluez le pourcentage de **recouvrement du sol** par de la végétation ou des débris végétaux, des cailloux
 - notez la présence ou non de **turricules de vers de terre** en surface (nombre par m²)
 - observez si le sol tend à se désagréger et à former une croûte en surface (surface lisse, sans rugosité et porosité) sous l'action de la pluie (**battance**).

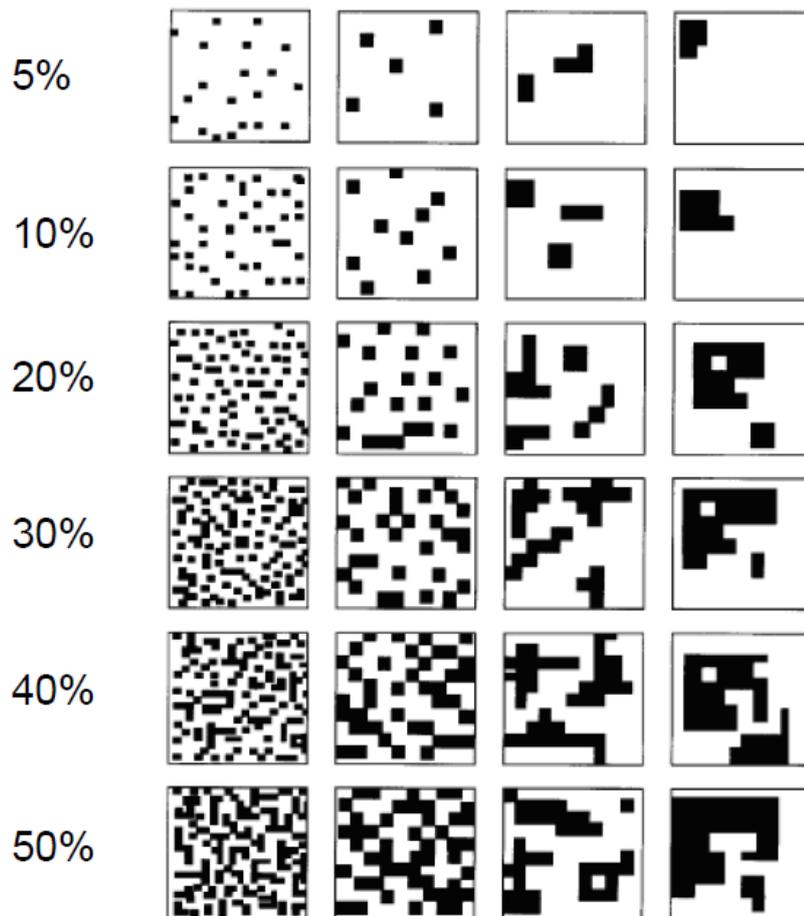
Recouvrement du sol

A l'aide de la Figure 2, évaluez le pourcentage de sol recouvert :

- par des végétaux et des débris de végétaux
- par des cailloux (> 2 cm de diamètre)

Figure 2 : Estimation du recouvrement du sol par des végétaux vivants, des débris de végétaux ou par des cailloux

Source : Peigné, J. et al., 2016. Test bêche - guide d'utilisation. ISARA Lyon, Lyon, France, p. 24.



Bayley, D (2001) *Efficient Weed Management*. NSW Agriculture Paterson NSW.

Turricules de vers de terre

Notez la présence ou non de turricules de vers de terre en surface.



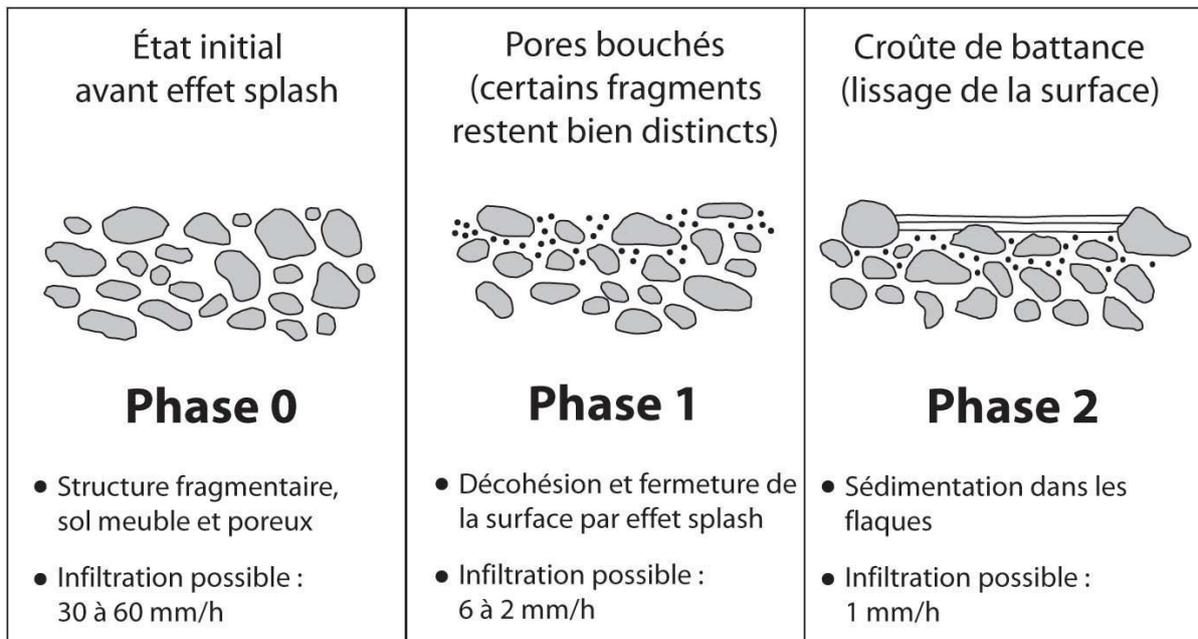
A remplacer par des photos « maison »

Battance

A l'aide de la Figure 3, évaluez l'état de dégradation du sol sous l'action des pluies.

Figure 3 : Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies

Source : Fort et al. (2015). Chapitre 5 - De l'érosion hydrique « instantanée » à l'évolution des versants sur le long terme. Dans M. Fort, F. Bétard & G. Arnaud-Fassetta (Dir), *Géomorphologie dynamique et environnement* (pp. 181-208). Paris: Armand Colin.



A Remplacer par des photos (cas 1, 2, 3...)

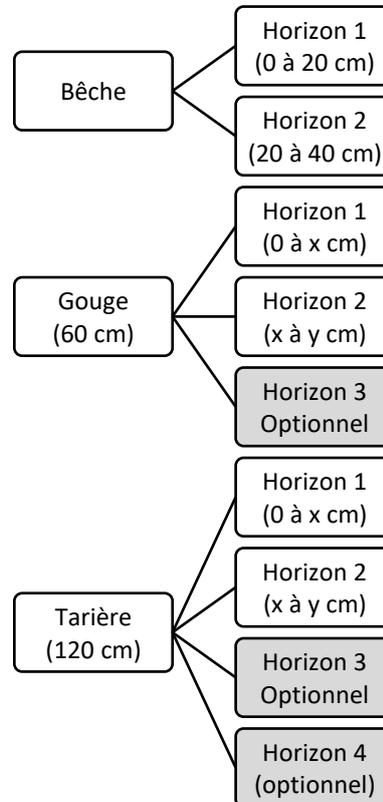
b. Détermination de la profondeur du sol

Cette rubrique concerne tous les sols, entièrement recouverts par des végétaux ou non.

- ✓ **Si vous ne disposez pas de tarière**, vous pouvez mesurer la profondeur du sol au moyen d'une **tige filetée**, que vous enfoncez dans le sol à l'aide d'un maillet, jusqu'à atteindre le socle rocheux.
- ✓ **Avec une tarière**, vous pouvez mesurer la profondeur du sol en même temps que vous procédez à son prélèvement. Dans ce cas, enfoncez-là dans le sol par des mouvements de rotation, jusqu'à atteindre le socle rocheux.

Dans le cas d'un sol forestier, la couche superficielle (humus) est exclue de la détermination de la profondeur. Cependant ses caractéristiques (épaisseurs des différentes couches) est un indicateur très intéressant du fonctionnement du sol.

4. Prélèvement de sol



Le prélèvement de sol est nécessaire pour en déterminer les principales caractéristiques d'intérêt : pH, couleur, traces d'hydromorphie et texture.

Cette caractérisation doit être faite **au moins sur deux horizons**, soit, à titre indicatif, de 0 à 20 cm et de 20 à 40 cm de profondeur.

Nous proposons trois techniques pour prélever le sol ; elles nécessitent différents outils :

- Une **bêche**
- Une **gouge** (60 cm)
- Une **tarière** (120 cm)

Le sol prélevé est placé par horizon dans des **contenants fermés** (par exemple des sachets de congélation ou de petits seaux avec couvercle). Attention, certaines propriétés du sol s'altèrent au contact de l'air, en particulier les colorations dues à l'hydromorphie. N'ouvrez les contenants que pour prélever la quantité nécessaire à vos mesures et refermez-les.

a. Prélever du sol avec une bêche

Matériel : bêche ou pelle, mètre (au moins 1m), 2 sachets de congélation de 50 ml, seau ou bâche, feutre indélébile.

Matériel optionnel supplémentaire : tarière, demi-gouttière, canif.

Temps : 30 minutes à 1h selon les sols.

Méthode : Si vous disposez d'une coupe naturelle ou artificielle préexistante (Tranchée, bord de route ou chantier, berge, arbre déraciné), mesurez simplement la profondeur du sol. Sinon, réalisez une fosse :

1. Avec votre mètre, mesurez un carré de 40x40cm. Dégagez la végétation de ce carré pour obtenir un carré de sol nu. Mettre de côté la végétation.

Enlever les cailloux des différents horizons

- ✓ Déterminez la pierrosité par estimation visuelle du sol à 20 cm de profondeur en vous aidant de l'annexe 2, notez si vous observez de l'eau en surface ou non. Remplissez le tableau « observations » (p.4) au cours de votre manipulation.



2. A l'aide de votre pelle, creusez jusqu'à atteindre 20 cm de profondeur. Remplissez votre premier sac de congélation avec la terre récoltée, indiquez sur votre sac la mention « 0-20 cm ». Cet échantillon servira ensuite à déterminer la texture et le pH du sol. Placez le reste de la terre dégagée dans votre seau ou sur votre bâche.

- ✓ Déterminez la pierrosité par estimation visuelle du sol à 20 cm de profondeur en vous aidant de l'annexe 2, notez si vous observez de l'eau en surface ou non dans la zone creusée.



3. Au centre de votre carré de 40x40cm, creusez un carré de 10x10 cm jusqu'à 40 cm de profondeur. Remplissez votre deuxième sac de congélation avec la terre récoltée, indiquez sur votre sac la mention « 20-40 cm ». Cet échantillon servira ensuite à déterminer la texture et le pH du sol. Placez le reste de la terre dégagée dans votre seau ou sur votre bâche.



b. Prélever du sol avec une gouge

Dégagez la surface du sol.

Enfoncez la gouge dans le sol sur toute sa longueur par des mouvements de rotation. Lorsque vous la retirez, du sol se trouve dans la gouttière.

Repérez les changements de couleur le long de la gouttière : ils marquent les changements d'horizon.
Mesurez l'épaisseur de chacun des segments (profondeur de chacun des horizons).

Avec une spatule, **retirez le sol contenu dans la gouttière en séparant les différents horizons** préalablement identifiés.

Placez le sol dans des sacs de congélation préalablement annotés (0 à x cm pour l'horizon de surface ; x à y cm pour le deuxième horizon ; si possible : y à z cm pour un troisième horizon). Eliminez les cailloux et les parties végétales (racines...)

NB : il est parfois nécessaire de **répéter le prélèvement** plusieurs fois pour collecter suffisamment de matériel. Placez les prélèvements correspondant à chaque horizon dans le même sac et homogénéisez bien avant les mesures.



A remplacer par des photos « maison »

c. Prélever du sol avec une tarière

Dégagez la surface du sol.

Enfoncez tarière dans le sol par des mouvements de rotation. Lorsque vous la retirez, du sol se trouve dans la tête.

Prélevez **l'intégralité du sol se trouvant dans la tête de la tarière** et placez-le dans un sac de congélation préalablement annotés (0 à 20 cm). Eliminez les cailloux et les parties végétales (racines...)



A remplacer par des photos « maison »

Recommencez l'opération en enfonçant votre tarière jusqu'à 40 cm. Ne conservez que les 10 cm situés dans la partie inférieure de la tête de la tarière (le reste correspond à du matériau remanié lors du sondage). Placez le sol collecté dans un sac de congélation préalablement annoté (40 à 20 cm).

Si possible, faites des prélèvements plus profonds (40 à 60 cm) et placez-les de même dans des sacs numérotés.

Avant de faire les prélèvements, dans le cas d'un sondage à la tarière, faire une photo du profil de sol reconstitué en mettant pour à bout les prélèvements à la tarière et délimiter les différents horizons sur lesquels les observations et les mesures suivantes seront faites. Les horizons peuvent également être identifiés et analysés sur des prélèvements à la gouge.

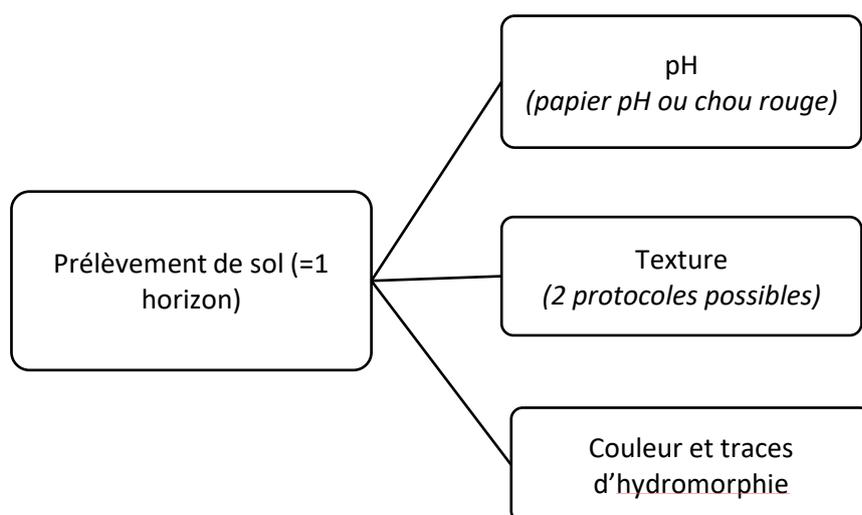
Détailler le protocole -

Si vous n'avez pas mesuré la **profondeur du sol avec une tige filetée**, n'oubliez pas de le faire avec votre tarière en l'enfonçant au maximum de profondeur.

5. Mesures

Les mesures sont à faire pour chaque horizon individuellement. L'intérêt de la démarche est d'aller au-delà de l'horizon de surface, et de décrire les sols des horizons 2, voire 3 et 4. Au minimum, Les horizons 1 et 2 doivent être renseignés. Les déterminations sur les horizons plus profonds sont optionnelles.

Les épaisseurs des horizons sont déterminées par l'observation des changements de couleur et de texture.



a. Détermination du pH

Le pH est déterminé individuellement **pour chacun des horizons**, soit avec du **papier pH**, soit selon une méthode utilisant du **chou rouge**.

Utilisez du **matériel propre**, rincé avec de l'**eau distillée** ou de l'**eau de pluie**.

a. Avec du papier pH

Utilisez **un flacon d'environ 120 mL avec un bouchon** (pour pouvoir homogénéiser). Introduisez dans le flacon 1 du sol et **le même volume d'eau distillée ou d'eau de pluie** (utilisez par exemple une louche, une tasse...) que le volume de sol déjà introduit. Le flacon doit être rempli à moitié environ (pour permettre une bonne homogénéisation), soit 30 mL de sol et 30 mL d'eau.

Fermez le flacon et homogénéisez son contenu par des mouvements de rotation (idéalement sur une surface dure et plane, comme une table). Cette étape est importante et il ne faut pas hésiter à multiplier les mouvements de rotation (au moins 25), sans pour autant souiller le bouchon du flacon.

Laissez reposer une minute puis débouchez le flacon et **versez doucement quelques mL de la solution** obtenue dans le bouchon ou dans un petit verre propre (type verre à liqueur). Laissez reposer encore 3 minutes.

Plongez le papier pH dans la solution sur une longueur d'environ 2,5 cm. Laissez le papier s'imprégner jusqu'à 0,6 à 1,2 cm au-dessous de la partie immergée.

Comparez la couleur obtenue au tiers supérieur de la bande de papier pH au nuancier.



A remplacer par des photos « maison »

b. Avec du chou rouge

5.1 Test du pH

Intérêt : Connaître le pH du sol permet de mieux appréhender ses aptitudes agronomiques car les différentes composantes de la faune et la flore du sol ne nécessitent pas les mêmes valeurs de pH pour se développer. Par ailleurs, un pH très acide (inférieur à 4.7) peut entraîner de la toxicité et réduire le potentiel de fertilité du sol.

Objectif : Catégoriser le sol selon qu'il ait un pH acide, neutre ou basique.

Remarque : Cette méthode ne permet pas de caractériser de façon très précise le pH mais indique à quelle « famille » de pH il appartient (acide, neutre, basique). Une mesure plus poussée avec un pH-mètre est souhaitable lorsqu'on veut obtenir une valeur chiffrée précise.

Matériel :

- Un demi-chou rouge (entre 800 et 600g) ;
- Une casserole pouvant contenir plus de 3 litres d'eau ;
- Trois litres d'eau, selon ce que vous avez chez vous, vous pouvez utiliser : de l'eau du robinet, de l'eau déminéralisée, de l'eau distillée (du moins précis au plus précis) ;
- Plusieurs verres pouvant contenir de la terre ;
- Du bicarbonate ;
- Du vinaigre.

Temps : 30 minutes

Méthode :

Prendre le chou rouge et l'émincer finement avec un couteau ou au mixeur. Faire bouillir l'eau. Utiliser une eau distillée pure permet de déterminer le pH de manière plus précise.

Une fois que l'eau boue, mettre le chou rouge haché dans l'eau. Le laisser tremper pendant 10 minutes puis jeter les morceaux de choux, en ne gardant que le jus. Ce jus devrait avoir un pH neutre d'environ 7.

- Si vous utilisez de l'eau distillée :

Le jus devrait être violet et avoir un pH de 7 neutre.

- Si vous utilisez de l'eau du robinet :

Le jus peut avoir changé de couleur et être plus proche du bleu par exemple, si votre eau est calcaire. Néanmoins, cela ne change rien à la suite de l'expérimentation ; l'ajout de choux dans l'eau fait que malgré la couleur, le pH a une valeur proche de 7. La variation de couleur ne pourra pas être assez précise pour avoir une idée du pH exacte de votre sol, mais vous saurez tout de même la tendance (acide ou basique) de votre sol.

Tester le jus. Versez une petite quantité de jus dans deux tasses, ajouter du vinaigre dans l'une et 60 g de bicarbonate de soude dans l'autre. Le vinaigre est acide et devrait faire virer la solution au rose vif. Le bicarbonate est basique et va faire virer le jus au vert ou au bleu.

Tester le sol. Versez quelques centimètres de jus (5 à 10 cl) dans une tasse propre et y ajouter une ou deux cuillères à soupe de terre. Attendre trente minutes et vérifier la couleur de la solution.

- Si vous utilisez de l'eau distillée :

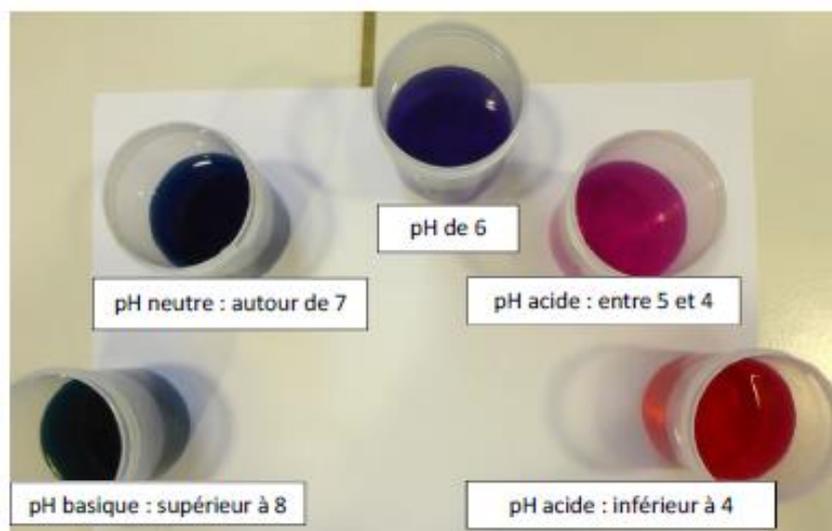
Si elle reste ou pourpre ou violette, le pH est d'environ 7, donc neutre.

- Si vous utilisez de l'eau du robinet :

Si elle reste bleu foncé, le pH est d'environ 7 également. Une variation vers le violet serait signe de tendance vers le rose, donc un sol acide.

- Si elle devient rose, avec un pH entre 1 et 7, votre terre est acide. Plus le sol est acide, plus le rose est vif.
- Si elle devient bleue ou verte, avec un pH entre 8 et 14, le sol est basique. Plus le vert ou le bleu est vif, plus le sol est basique.

Exemple avec une utilisation d'eau du robinet (les pH ont été validés par sonde pH-métrique) :



6. Détermination de la texture

6.2 Détermination de la texture du sol

Intérêt : La texture apporte des informations utiles pour la gestion de l'eau, la fertilisation, l'aération, etc. Par exemple, un sol sableux est beaucoup plus drainé qu'un sol argileux. C'est un facteur très important pour comprendre les autres caractéristiques du sol et bien travailler le sol.

Objectif : Caractériser le sol selon sa texture de manière sensorielle dans quelques catégories courantes.

Remarque : Cette méthode ne permet pas de caractériser de façon très précise la texture mais donne une idée du groupe de texture du sol. Une étude plus poussée avec une analyse granulométrique est souhaitable lorsqu'on veut obtenir une caractérisation précise.

Matériel :

- Une tasse de terre
- Bouteille de verre ou un autre élément dur pour casser la terre.
- Un tamis de minimum 2mm de diamètre (pas obligatoire)
- De l'eau

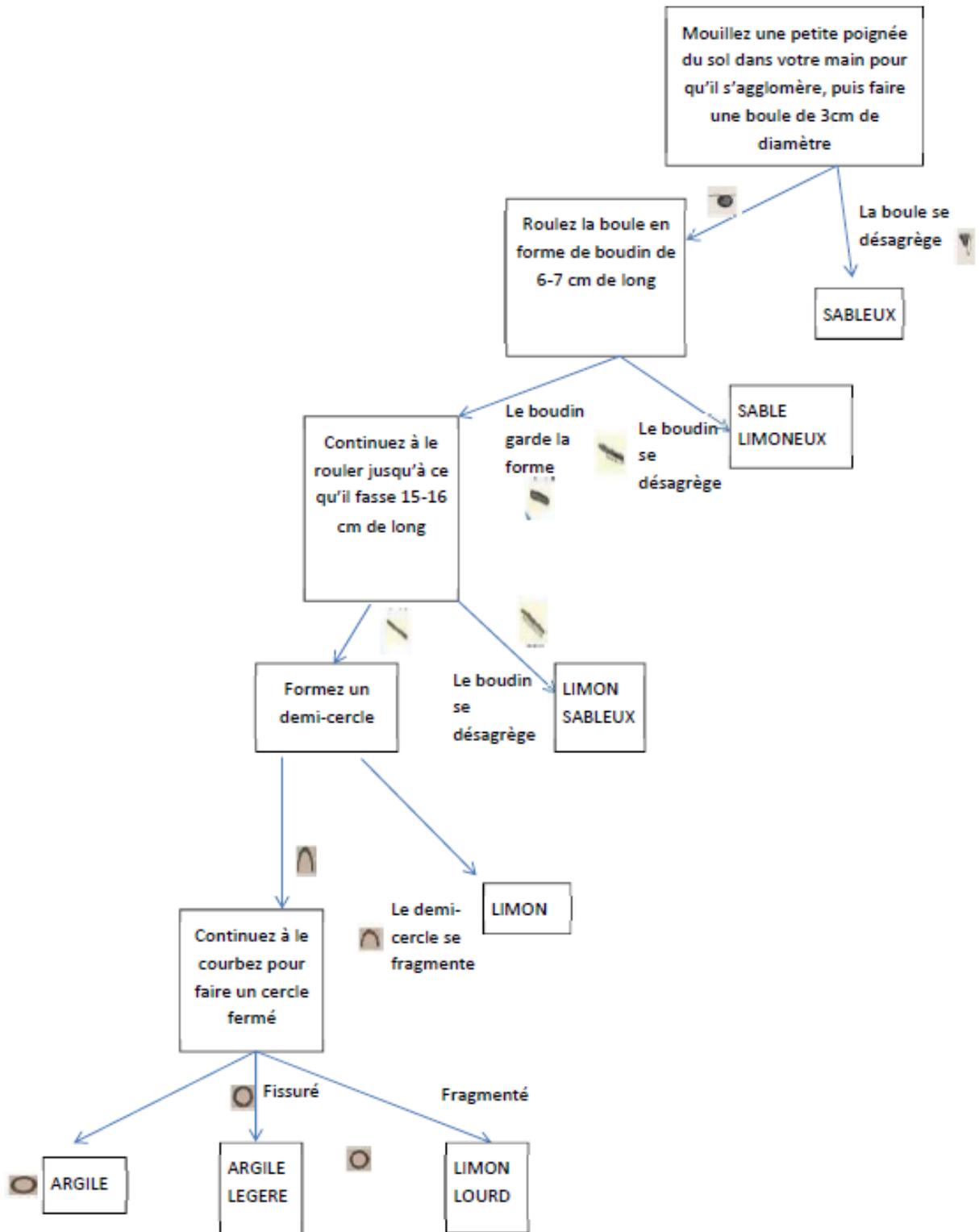
Temps : 15 minutes

Méthode :

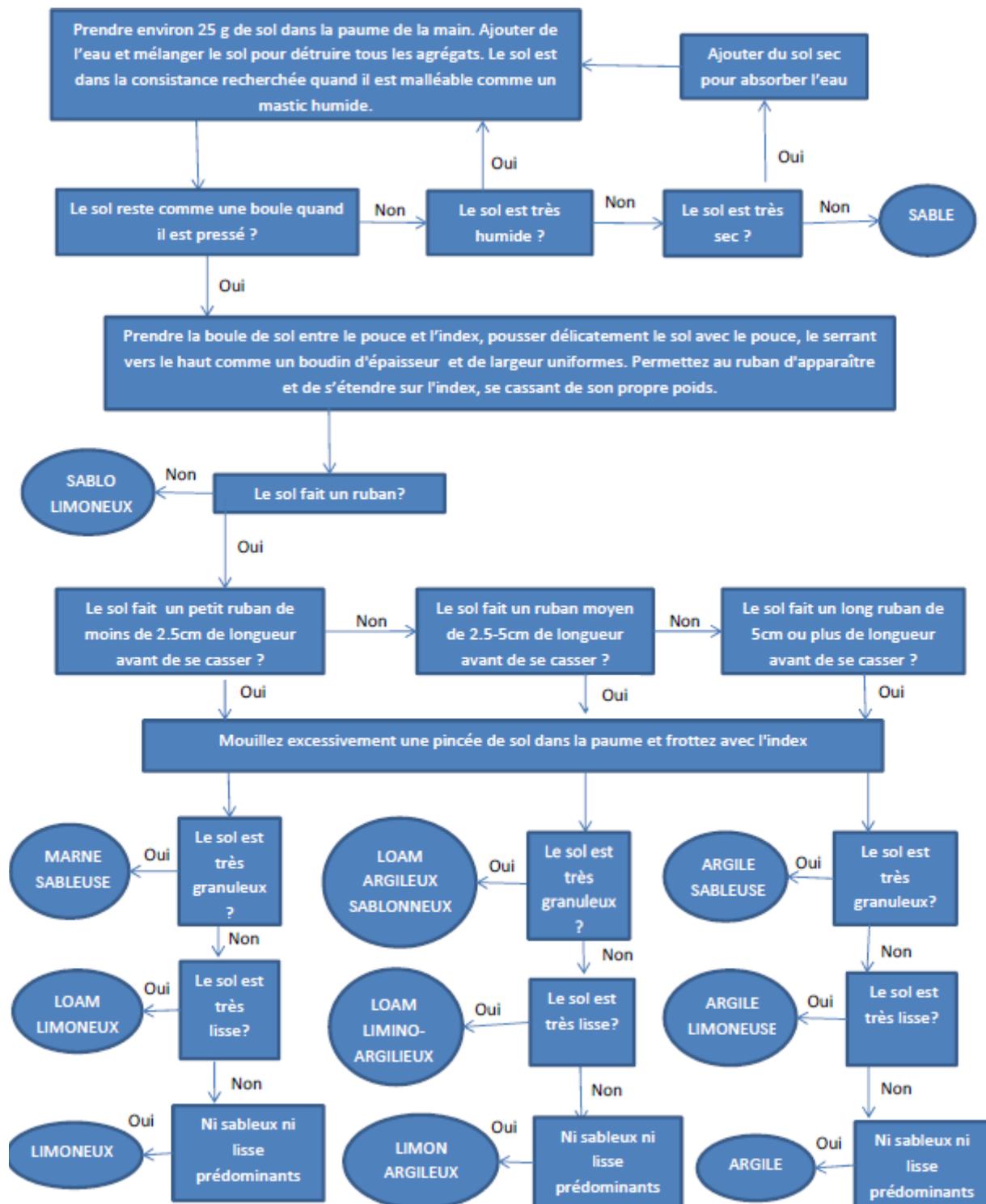
Ici, vous trouverez deux protocoles, le premier est un protocole plus accessible, le second est légèrement plus complexe. Nous vous conseillons de réaliser les deux et de comparer vos résultats.

Partie commune aux deux protocoles :

- Prendre environ 25 g de terre ;
- Laisser sécher la terre à l'air libre jusqu'à ce qu'elle soit sèche au toucher ;
- Casser tous les agrégats (pour exemple avec une bouteille de verre) ;
- Enlever tous les cailloux et racines (vous pouvez vous aider du tamis) ;
- Ajouter progressivement de l'eau jusqu'à ce que la terre soit malléable.



Protocole 1





Préparation



Boule



Boudin



Boudin en demi-cercle



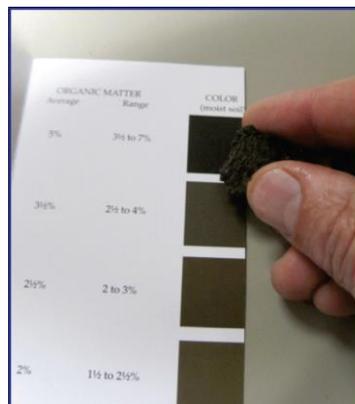
Boudin en cercle

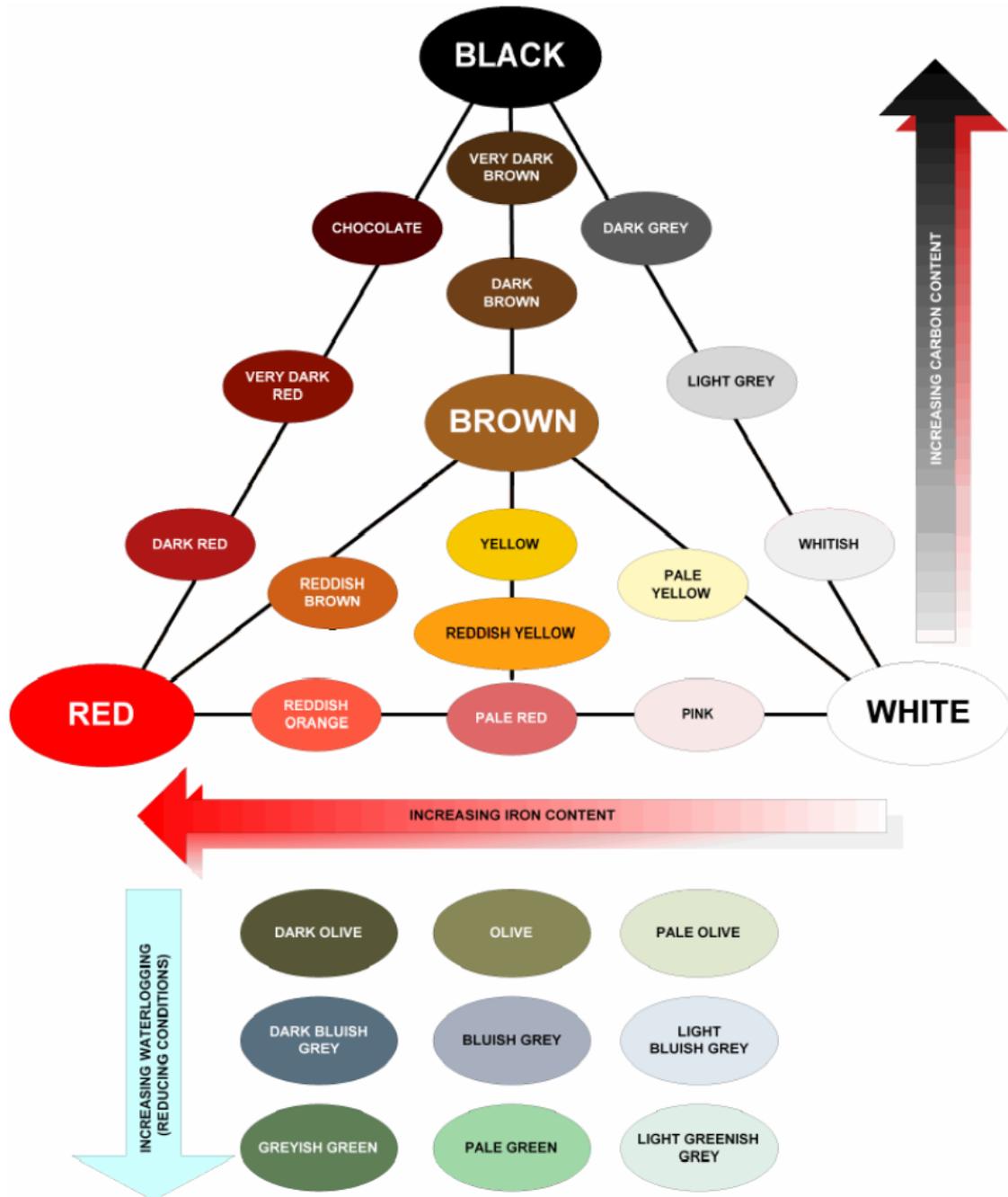
7. Détermination de la couleur et de son homogénéité (hydromorphie)

La couleur et son homogénéité sont évalués individuellement **pour chacun des horizons**. Il peut être y avoir plusieurs couleurs par horizon. Attention, certaines colorations dues à l'hydromorphie disparaissent à l'air en quelques heures : maintenez vos échantillons de sol dans des sachets fermés jusqu'à la mesure.

a. Détermination de la couleur

Prélevez du sol et humidifiez-le. Formez une petite boule dans votre main et comparez la couleur dominante au nuancier ci-dessous





Reference: Better Soils, Agricultural Bureau of South Australia – www.bettersoils.com.au

b. Traces d'hydromorphie

Observez si la couleur est homogène, en particulier si vous détectez les nodules ou trainées bleuâtres, verdâtres ou tirant sur le rouille. Notez-en la couleur et la densité à l'aide de la figure ci-dessous.

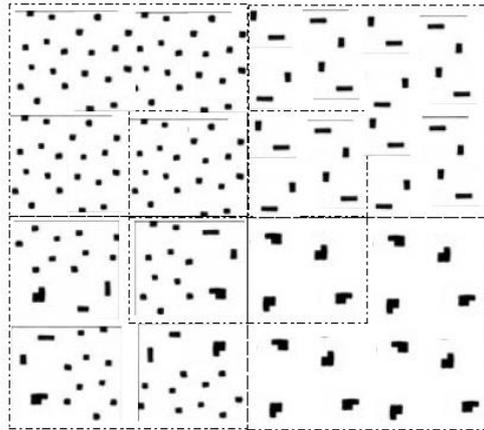
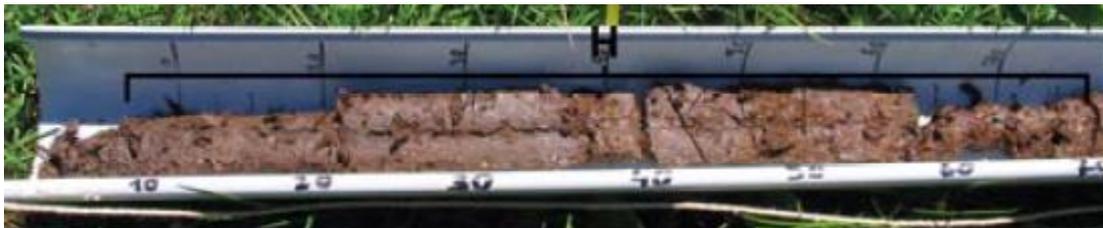


Figure 1 : Représentation de 5% de taches d'un horizon, en fonction de la taille et de la densité de ces taches, (code Munsell)

Source : Guide d'identification et de délimitation des sols des zones humides



A proposer : quelques photos avec des commentaires sur la couleur dominante, la présence ou non de zones d'hétérogénéité en les caractérisant (couleur densité...)

Fiche d'enregistrement

OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN	
Surface du sol	
Sol entièrement couvert par de la végétation (ex prairie, forêt)	<input type="checkbox"/> Oui → Les rubriques suivantes ne sont pas à renseigner <input type="checkbox"/> Non → Renseigner les rubriques qui suivent
Végétaux et des débris de végétaux morts % de recouvrement :	
Cailloux <input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence % de recouvrement :	
Turricules de vers de terre <input type="checkbox"/> Présence <input type="checkbox"/> Absence	
Battance <input type="checkbox"/> Phase 0 <input type="checkbox"/> Phase 1 <input type="checkbox"/> Phase 2	
Profondeur du sol	
Instrument de mesure Tige filetée <input type="checkbox"/> Tarière <input type="checkbox"/> Profondeur (cm) :	
PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS DE SOL	
Mode de prélèvement	<input type="checkbox"/> Bêche
	<input type="checkbox"/> Gouge
	<input type="checkbox"/> Tarière
Horizons prélevés et leur épaisseur	
Horizon 1	Epaisseur (en cm) : de 0 à
Horizon 2	Epaisseur (en cm) : de à
Horizon 3 (optionnel)	Epaisseur (en cm) : de ... à
Horizon 4 (optionnel)	Epaisseur (en cm) : de ... à
MESURES	
Horizon 1	
pH	
<input type="checkbox"/> Papier pH	Valeur : <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> Chou rouge	<input type="checkbox"/> Très acide <input type="checkbox"/> Acide <input type="checkbox"/> Neutre <input type="checkbox"/> Basique <input type="checkbox"/> Très basique
Couleur dominante :	
Taches (traces d'hydromorphie)	
<input type="checkbox"/> Absence	
<input type="checkbox"/> Présence	Forme : <input type="checkbox"/> Nodules <input type="checkbox"/> Trainées
	Taille : <input type="checkbox"/> < 0,5 cm <input type="checkbox"/> entre 0,5 et 3 cm <input type="checkbox"/> > 3 cm
	Couleur : (cf nomenclature proposée)
	Densité : <input type="checkbox"/> 1% à 2% <input type="checkbox"/> 2 à 3% <input type="checkbox"/> 3 à 4% <input type="checkbox"/> 4 à 5% <input type="checkbox"/> > 5%
Texture	
<input type="checkbox"/> Méthode 1	Valeur : (ajouter case à cocher)
<input type="checkbox"/> Méthode 2	Valeur : (ajouter case à cocher)
Horizon 2	
pH	
<input type="checkbox"/> Papier pH	Valeur : <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> Chou rouge	<input type="checkbox"/> Très acide <input type="checkbox"/> Acide <input type="checkbox"/> Neutre <input type="checkbox"/> Basique <input type="checkbox"/> Très basique
Couleur :	

Traces d'hydromorphie	
<input type="checkbox"/> Absence	
<input type="checkbox"/> Présence	Forme : <input type="checkbox"/> Nodules <input type="checkbox"/> Trainées
	Taille : <input type="checkbox"/> < 0,5 cm <input type="checkbox"/> entre 0,5 et 3 cm <input type="checkbox"/> > 3 cm
	Couleur :
	Densité : <input type="checkbox"/> 1% à 2% <input type="checkbox"/> 2 à 3% <input type="checkbox"/> 3 à 4% <input type="checkbox"/> 4 à 5% <input type="checkbox"/> > 5%
Texture	
<input type="checkbox"/> Méthode 1	Valeur : (case à cocher à ajouter)
<input type="checkbox"/> Méthode 2	Valeur : (case à cocher à ajouter)
Horizon 3 (optionnel)	
pH	
<input type="checkbox"/> Papier pH	Valeur : <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> Chou rouge	<input type="checkbox"/> Très acide <input type="checkbox"/> Acide <input type="checkbox"/> Neutre <input type="checkbox"/> Basique <input type="checkbox"/> Très basique
Couleur : (cf nomenclature proposée)	
Traces d'hydromorphie	
<input type="checkbox"/> Absence	
<input type="checkbox"/> Présence	Forme : <input type="checkbox"/> Nodules <input type="checkbox"/> Trainées
	Taille : <input type="checkbox"/> < 0,5 cm <input type="checkbox"/> entre 0,5 et 3 cm <input type="checkbox"/> > 3 cm
	Couleur :
	Densité : <input type="checkbox"/> 1% à 2% <input type="checkbox"/> 2 à 3% <input type="checkbox"/> 3 à 4% <input type="checkbox"/> 4 à 5% <input type="checkbox"/> > 5%
Texture	
<input type="checkbox"/> Méthode 1	Valeur : (ajouter case à cocher)
<input type="checkbox"/> Méthode 2	Valeur : (ajouter case à cocher)