



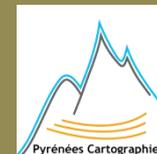
MYCONOVA

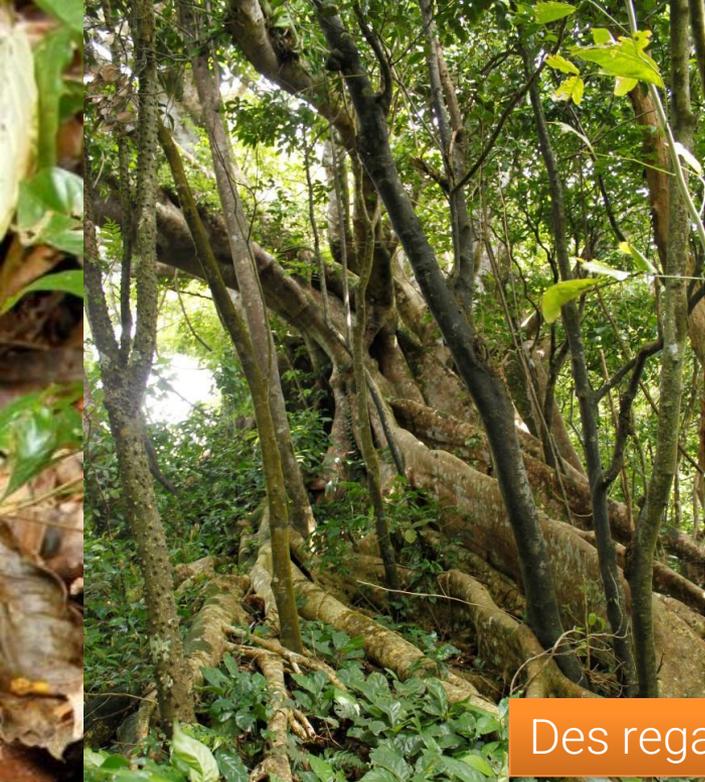
Mieux prendre en compte les sols et les champignons mycorhiziens pour répondre aux enjeux de l'agroécologie dans les filières patrimoniales

-
Volet « sol »

Laurent RIGOU

Journée technique du 17 novembre 2022





Des regards différents sur le sol





Les sols du pédologue





Comment s'y retrouver ?





En posant des questions,
En observant,
Pour connaître et comprendre.

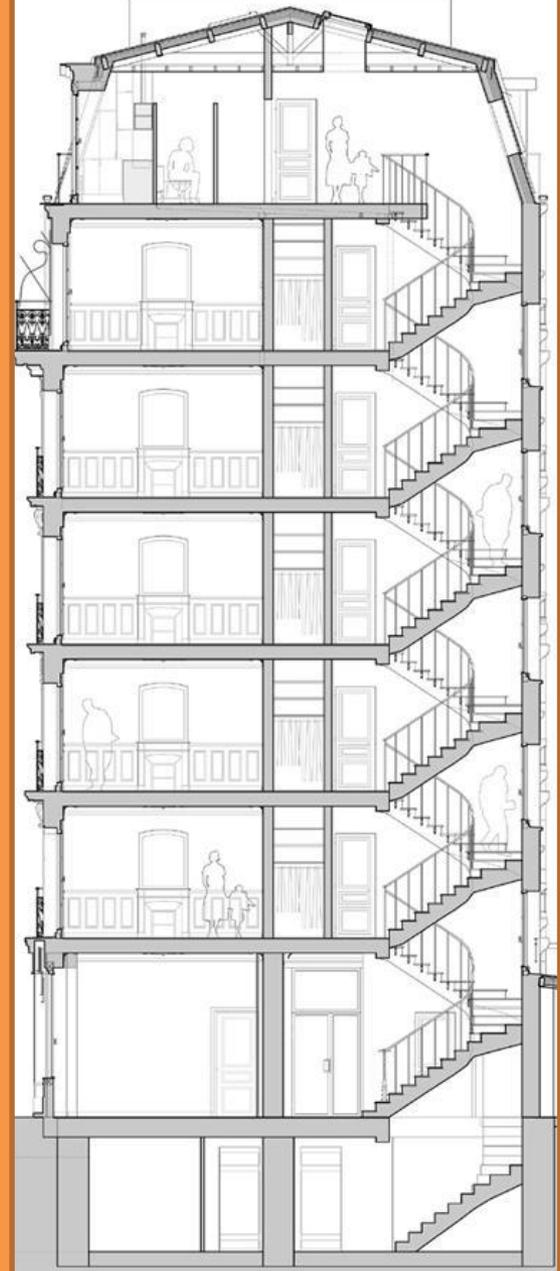


Sol et MYCONOVA = 7 notions à définir comme socle de la réflexion



En surface = ce qui est visible immédiatement

① Sol = volume en 3D

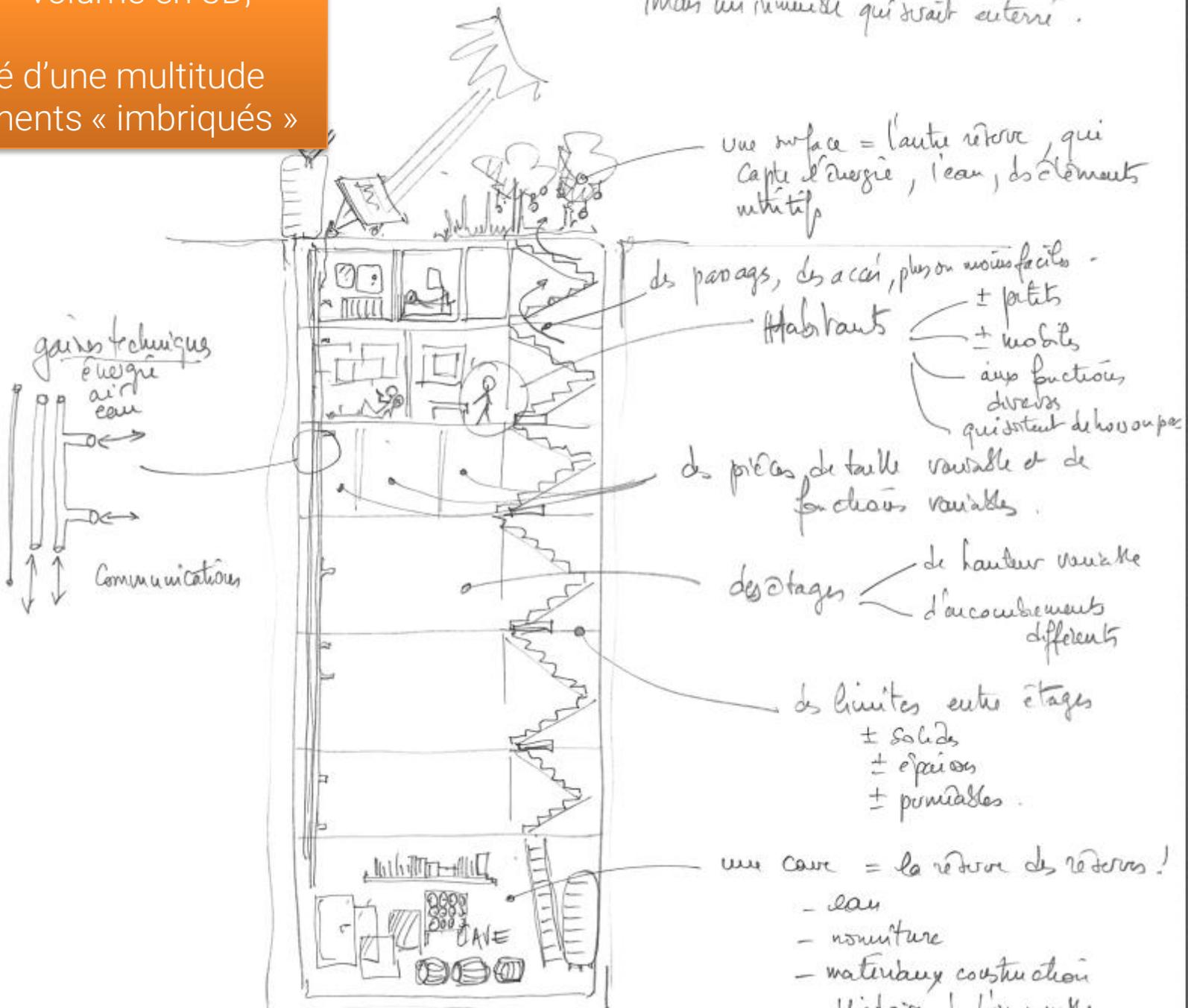


En profondeur = ce qui est invisible la plupart du temps

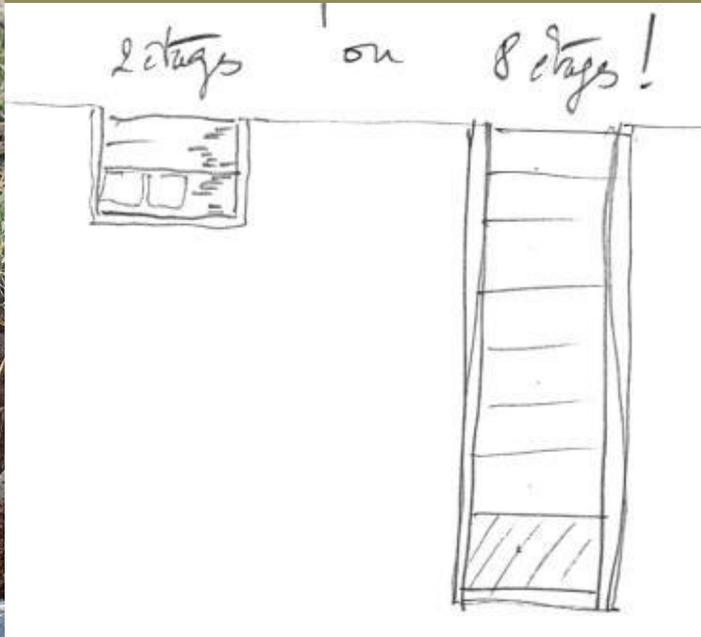
1 Sol = volume en 3D,

Formé d'une multitude d'éléments « imbriqués »

mais un volume qui s'inscrit en terre.

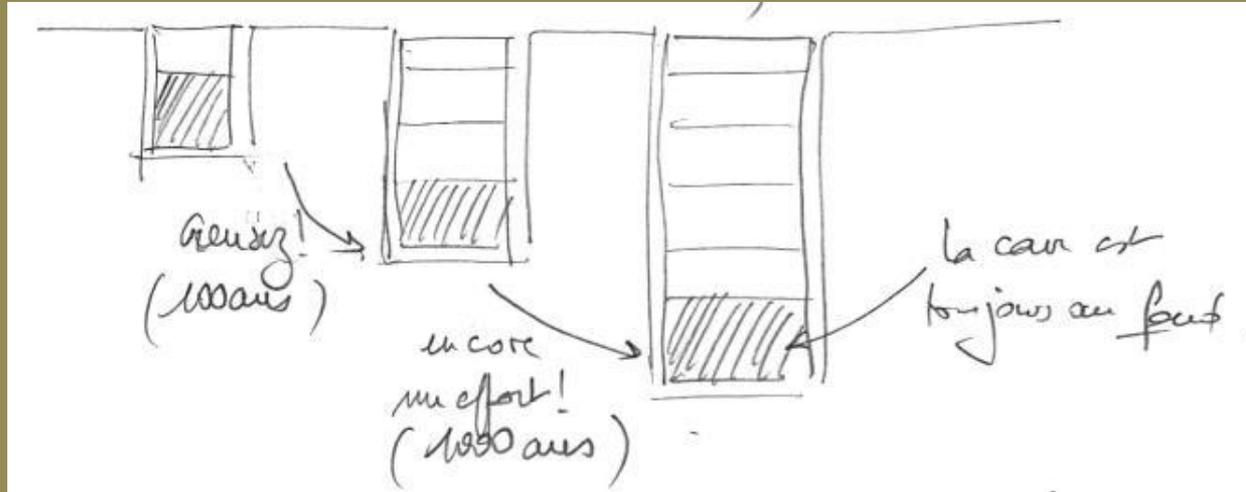


① Sol = volume en 3D
Des sols plus ou moins épais

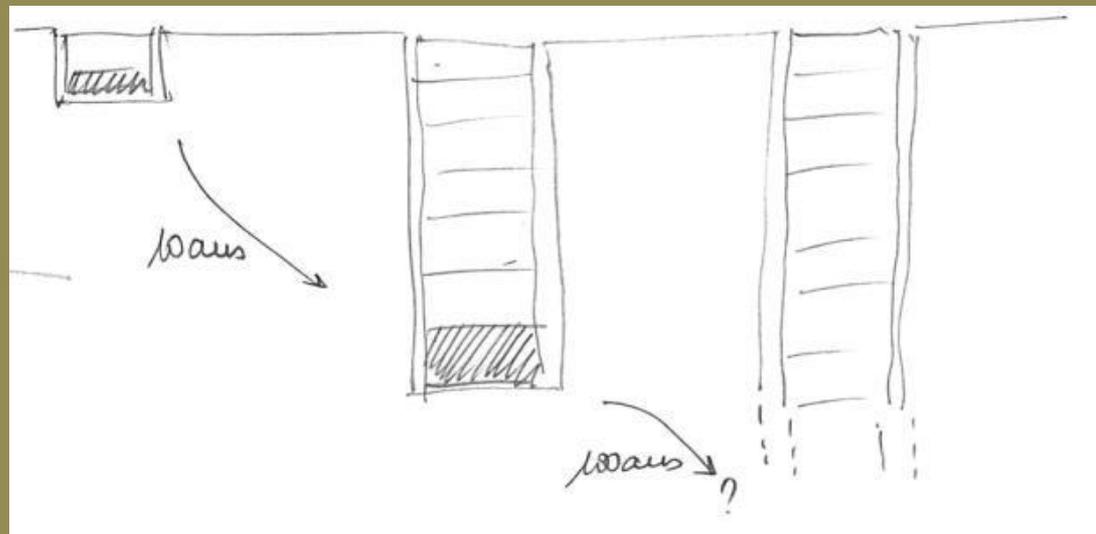


② Sol = volume dynamique !

Un sol s'approfondit peu à peu, il évolue.
En climat tempéré, les processus naturels sont lents

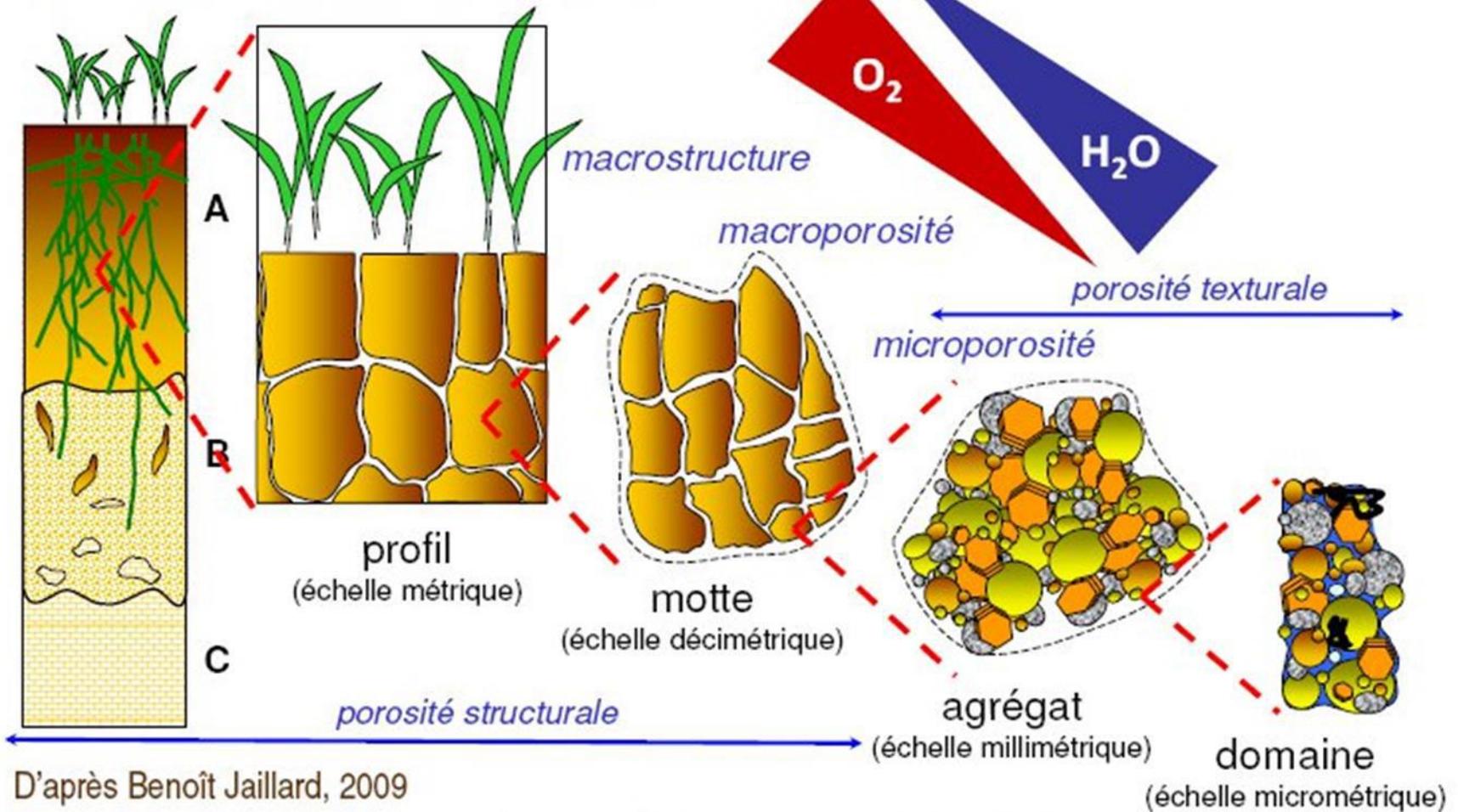


Mais en climat tropical... ça va beaucoup plus vite !!!

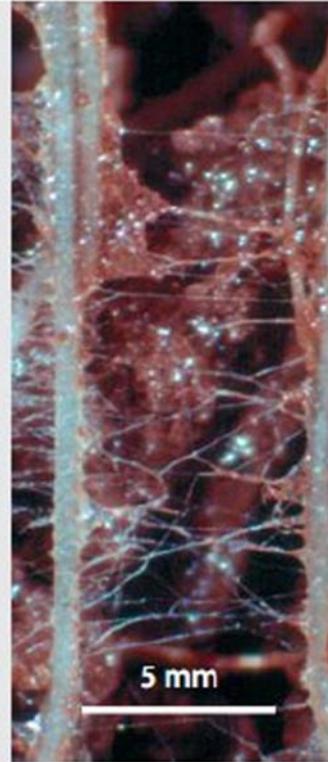


3 Sol = plusieurs échelles

► Habitats du sol : espaces poreux



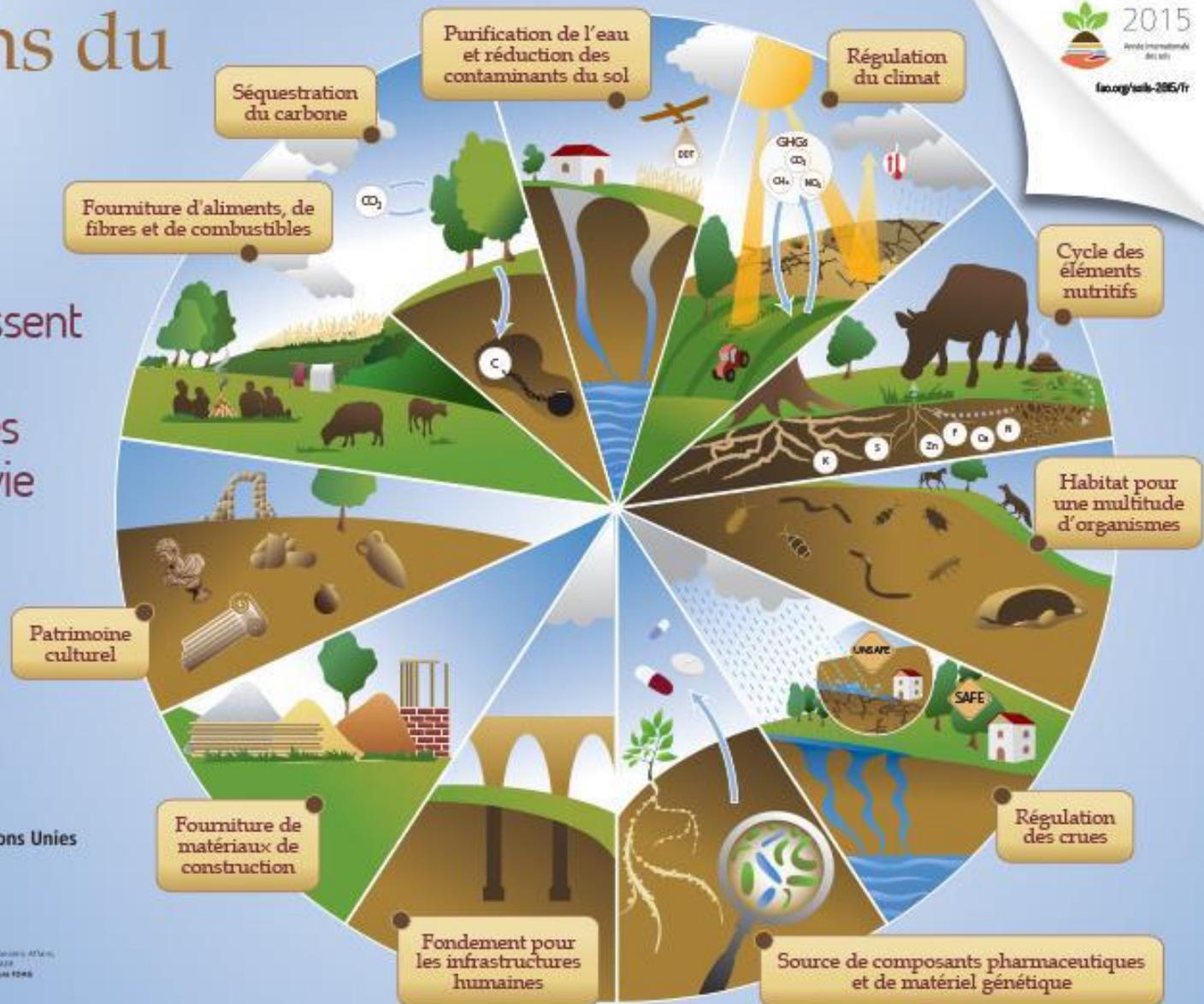
3 Sol = plusieurs échelles



④ Sol = des fonctions variées

fonctions du Sol

Les sols fournissent des services écosystémiques essentiels à la vie sur terre



2015
Année internationale
des sols
fa.o.org/soil-2015/fr

 Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

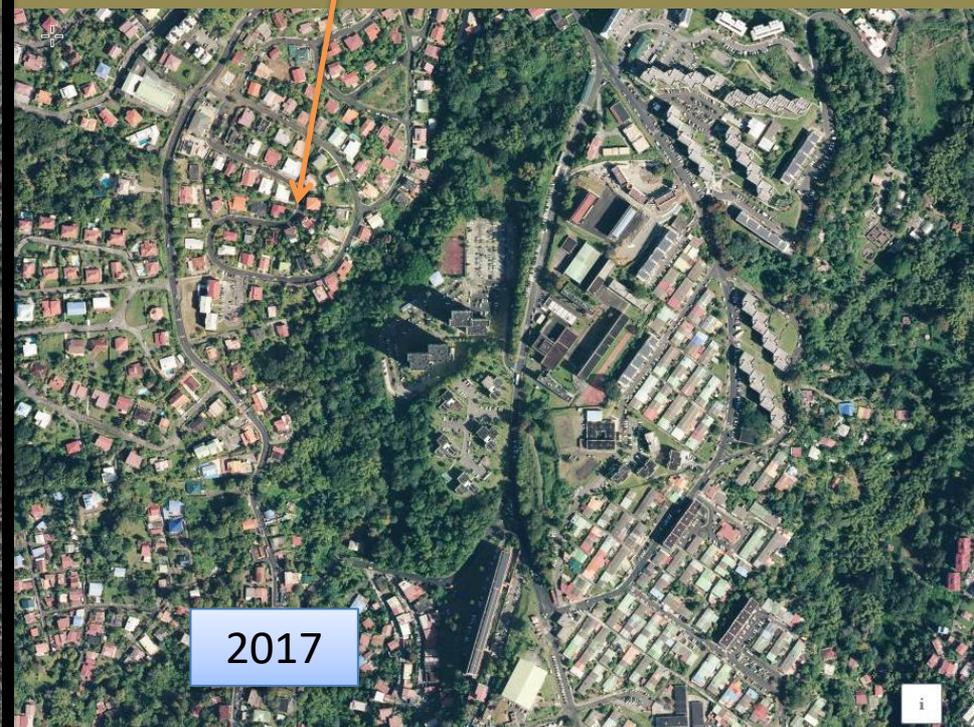
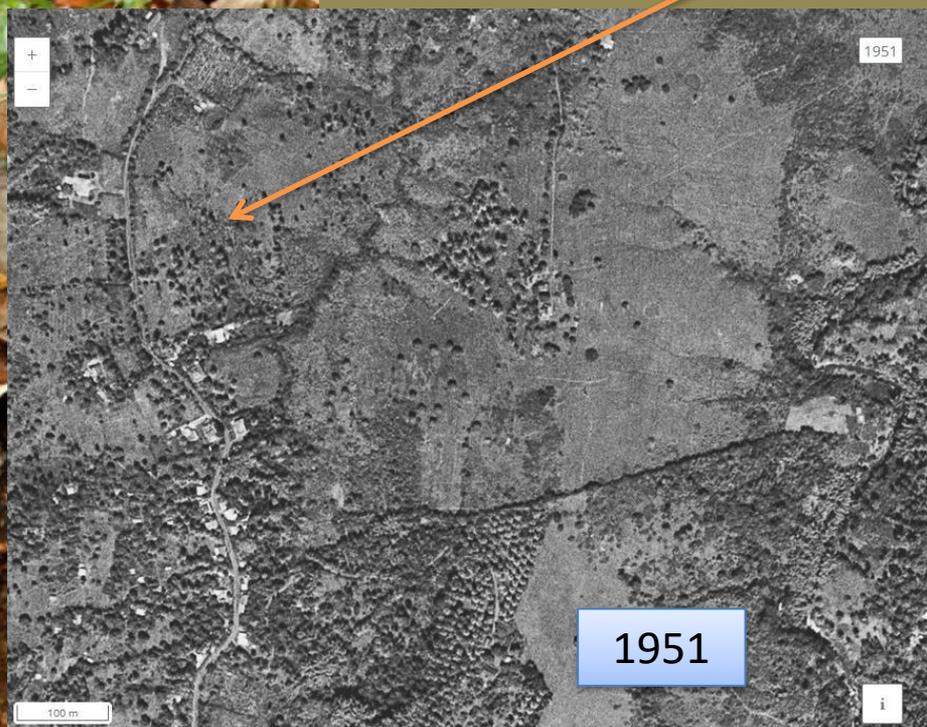
avec le soutien de
 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun Svizra
Tel.: +41 78 610 6100

Federal Department of Education, Research and Innovation
Federal Office for Agriculture FOAG

④ Sol = des fonctions variées

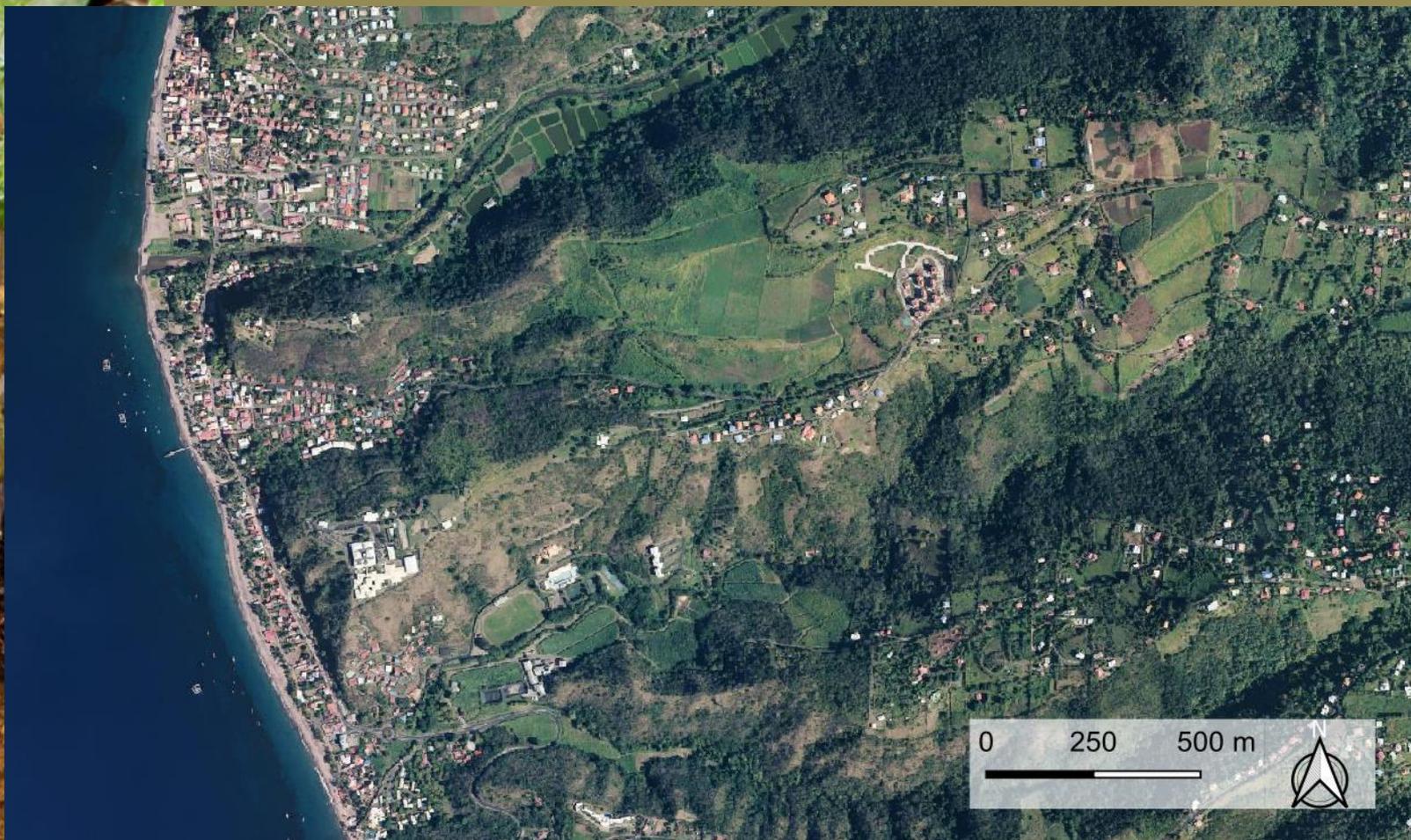
Donc de potentiels conflits d'usage !

Produire de l'alimentaire ou habiter ?



Source : Remonter le Temps - IGN

5 Sol = des continuités dans les paysages

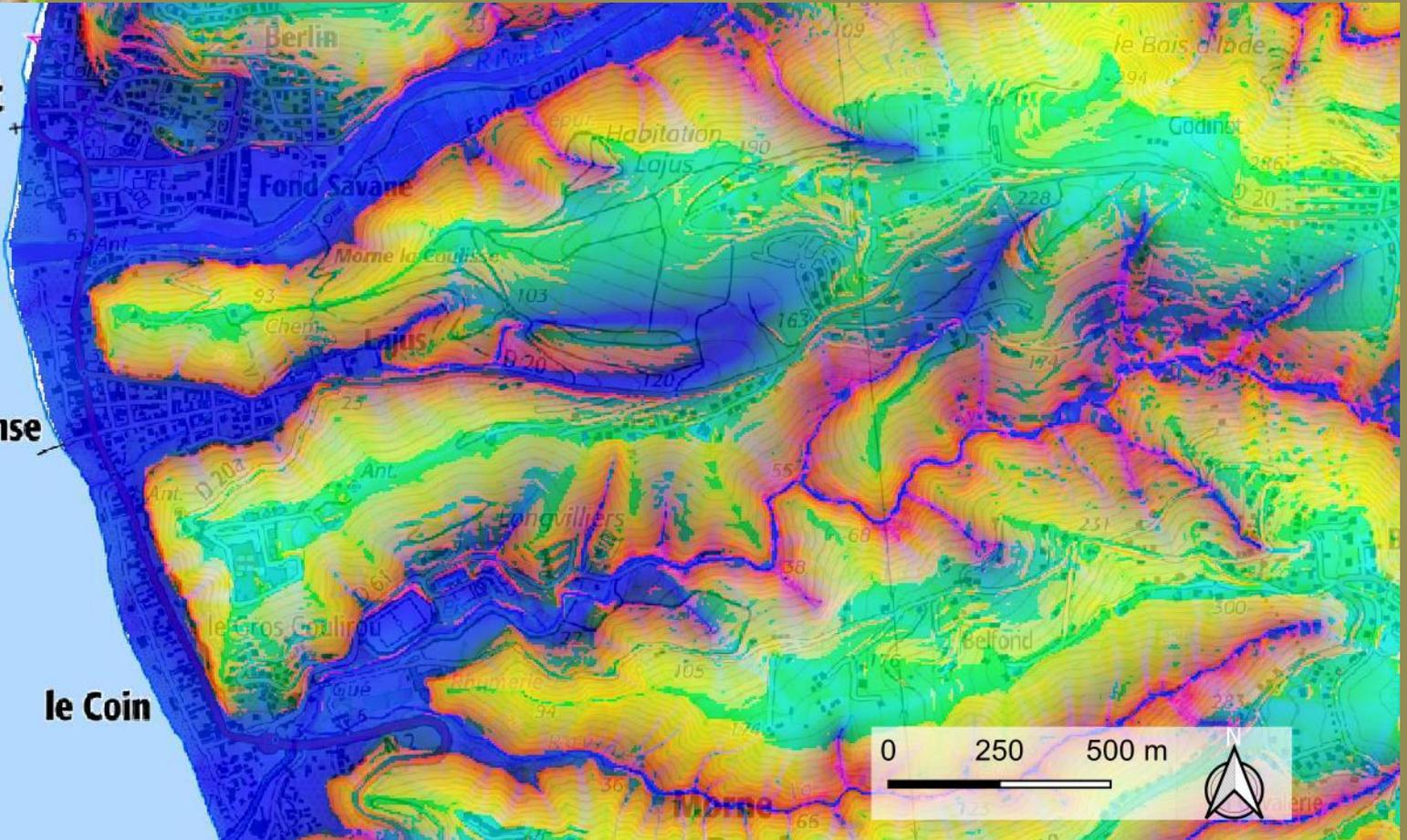


5 Sol = des continuités dans les paysages

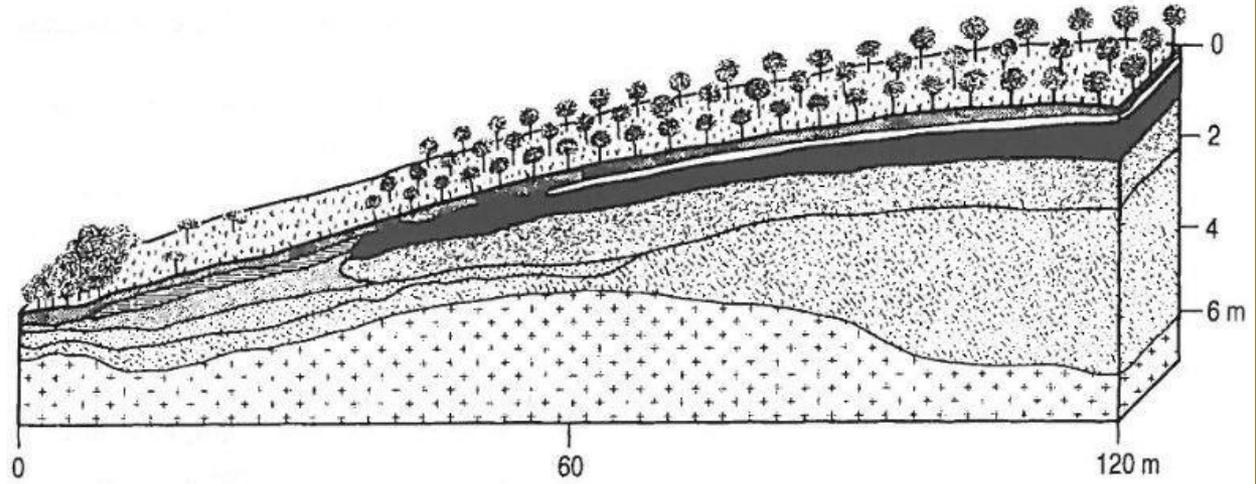
3,7 
le Carbet

Grand-Anse

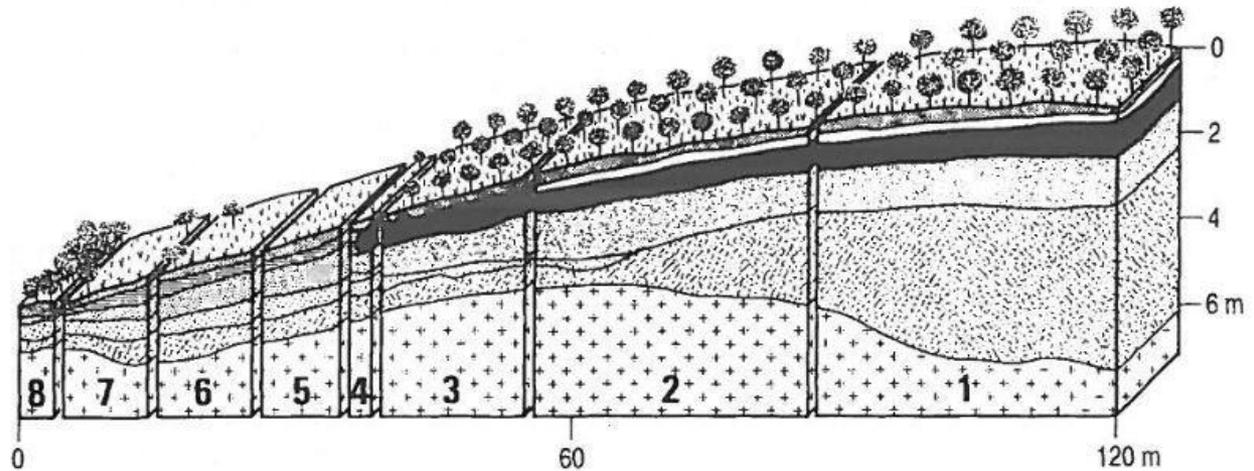
le Coin



5 Sol = des continuités dans les paysages



1: ce système-sol est constitué d'une combinaison ordonnée de 8 horizons



2: ce système-sol peut être divisé en huit compartiments verticaux

6 Sol = un vocabulaire et une expertise à partager



EXPOSITION
HÉTÉROGENÉITÉ...

- * TERREFORT = ARGILO-K → 30% A) OK
 (1) Terre lourde pH >> 8,0 = contrainte
 Nuama Sépouk (Historique no.) → Erosion
 → pas de pontique ≠ Te
 = Terre d'Ail
- * BOULBÈNE → Caillouteuse - graviers.
 outils - usure
 pb drainage - non drainé.
 Terre à Elevage → be franche
 pH < 6
 A: 15 → 20
- * NORD - Climat " 2a 3j pour resuyage battant - sècheuse
 - géologie. " l'osez matin. - ÉCOLEUSE
 " Terrefort Nord " A >> - Sous le bois
 Hous stable
- * Vallon - Do ↑ - Frais - A ↓ LA - Étroit +
 Meilleures terres + facile à Wer que Gimone
 Pas d'épous d'eau ≠ Gimone
- * Roches finies - bloc - "Tuf" - Appart progressivement
 Sable (Érosion)
- * Roches K - pas profond. Nais pas réchant
 ⊕ facile à Wer (Pessoules)
- * Terre blanche. - Dans le Terrefort - localité
 ↳ Accident Terrefort + NOUILLÈRES
- * TRANSITION entre be et Te
- * Gimone. A "Serrant" feuta...
 RD / RG.

« État du complexe argilo-humique »

« Teneurs en matières organiques liées »

« Parcelle séchante »



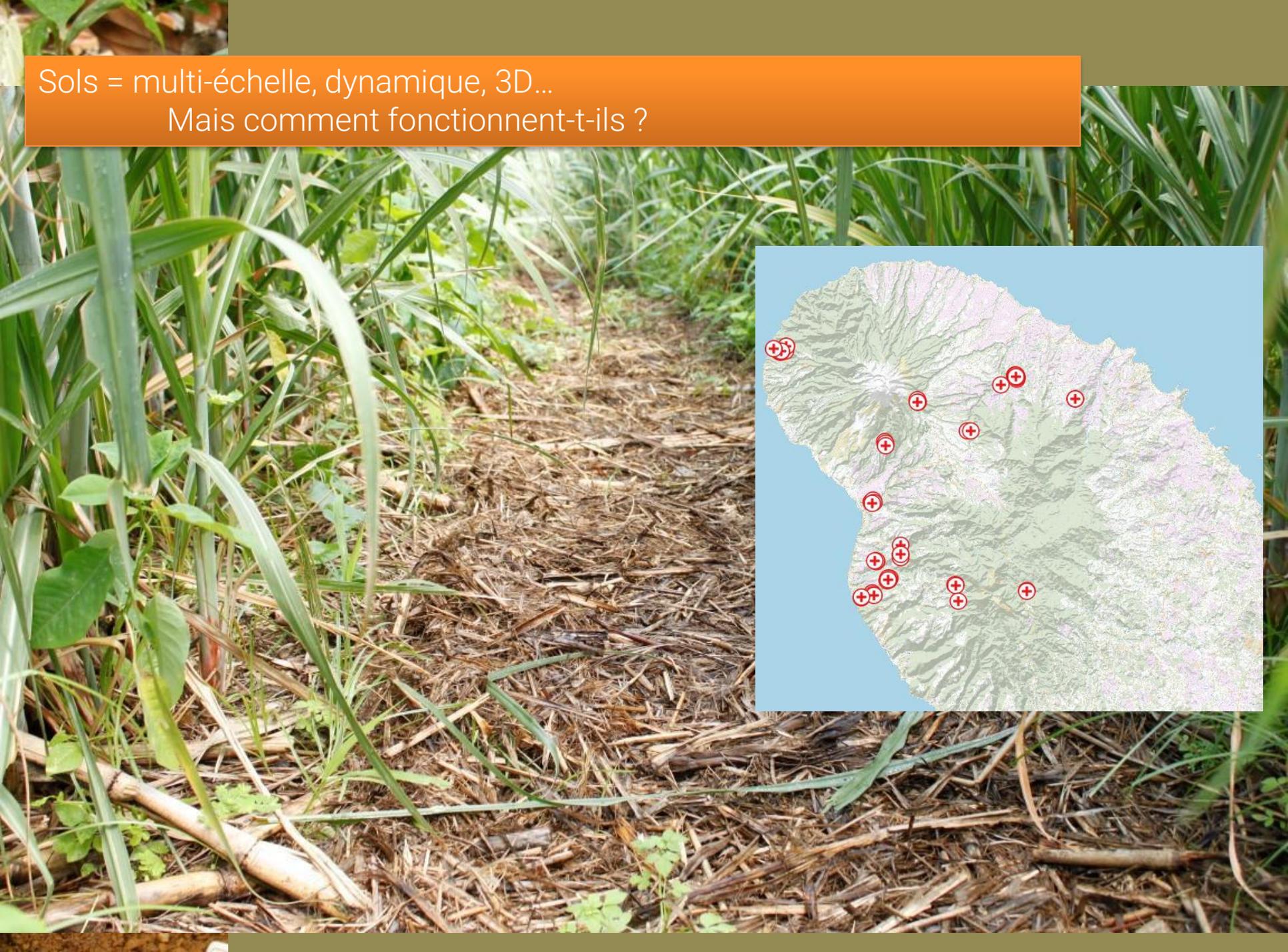
7 Sol = des propriétés intrinsèques et des propriétés induites



7 Sol = des propriétés intrinsèques et des propriétés induites



Sols = multi-échelle, dynamique, 3D...
Mais comment fonctionnent-ils ?



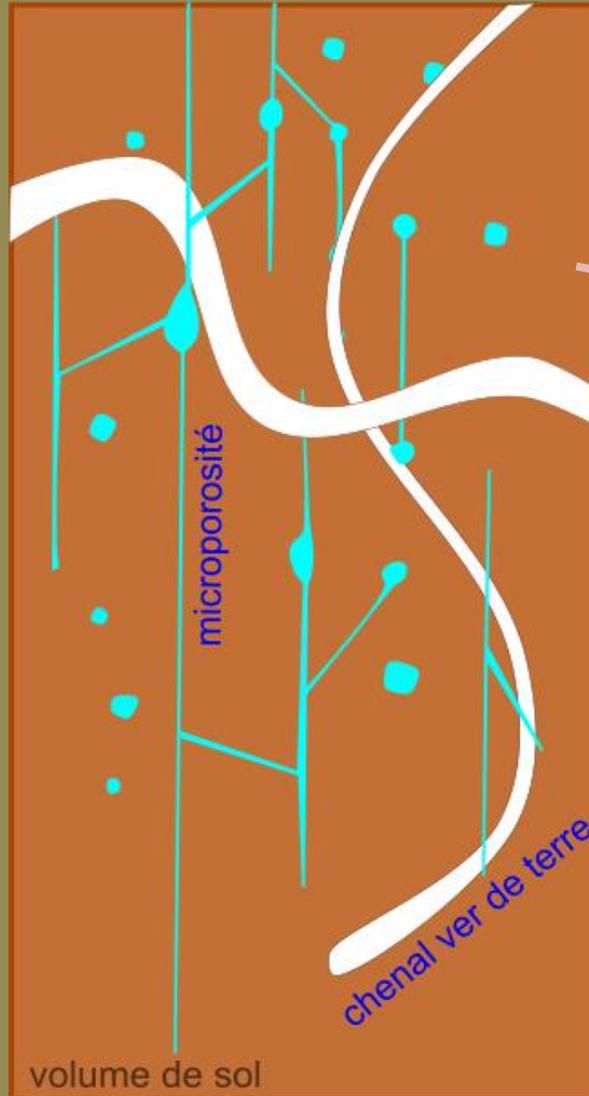
Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

Exemple : parcelle T3CAS « Thieubert »



Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

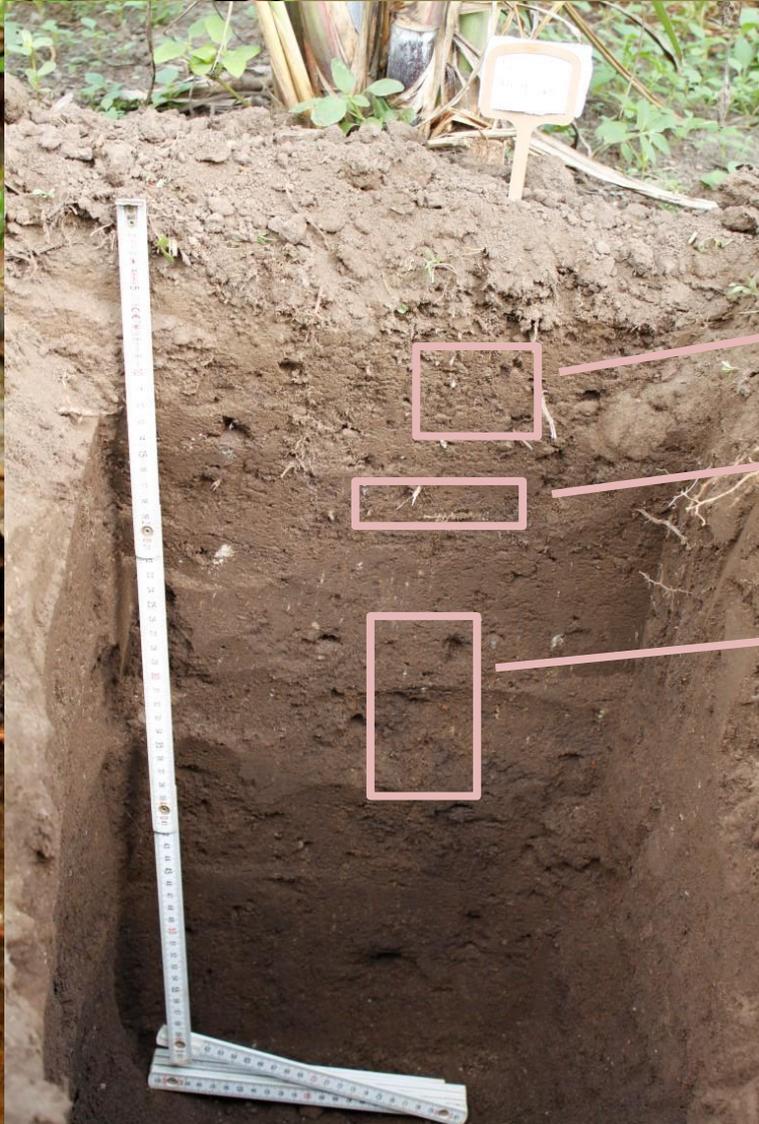
Les mécanismes à l'échelle de la motte de terre



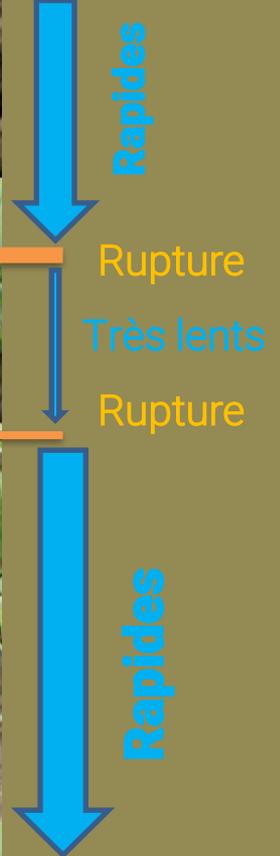
Conséquence de cette porosité :
 $K_{sat} = 25\text{mm/h}$ (hz 0-25cm)
Flux = imbibition

Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

À l'échelle du profil de sol : des ruptures de perméabilité



Flux hydriques



Rapides

Rupture

Très lents

Rupture

Rapides

Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »



$Z_{lim} = 25\text{cm}$

À l'échelle du profil de sol → conséquence sur l'exploration racinaire



Le Réservoir en eau Utilisable Maximal (RUM) est réduit.

Enjeux sur cette parcelle : (1) améliorer la prospection racinaire pour améliorer le bilan hydrique, (2) Conserver la porosité en l'état ou l'améliorer

Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »



Outils d'évaluation et de suivi à mobiliser en priorité :

- (1) Observations de profils de sol
- (2) Mesure de la perméabilité « Beerkan »
- (3) structuration des horizons « VESS »
- (4) densité racinaire « Z_{lim} », « T_e »

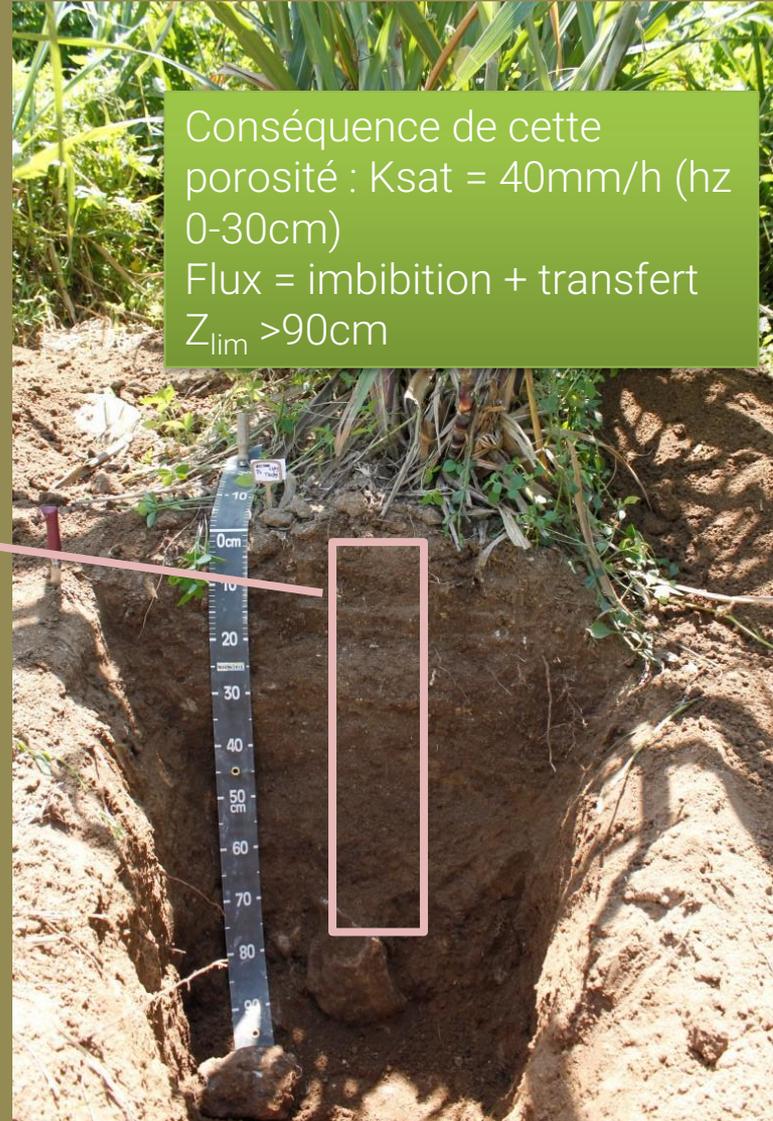
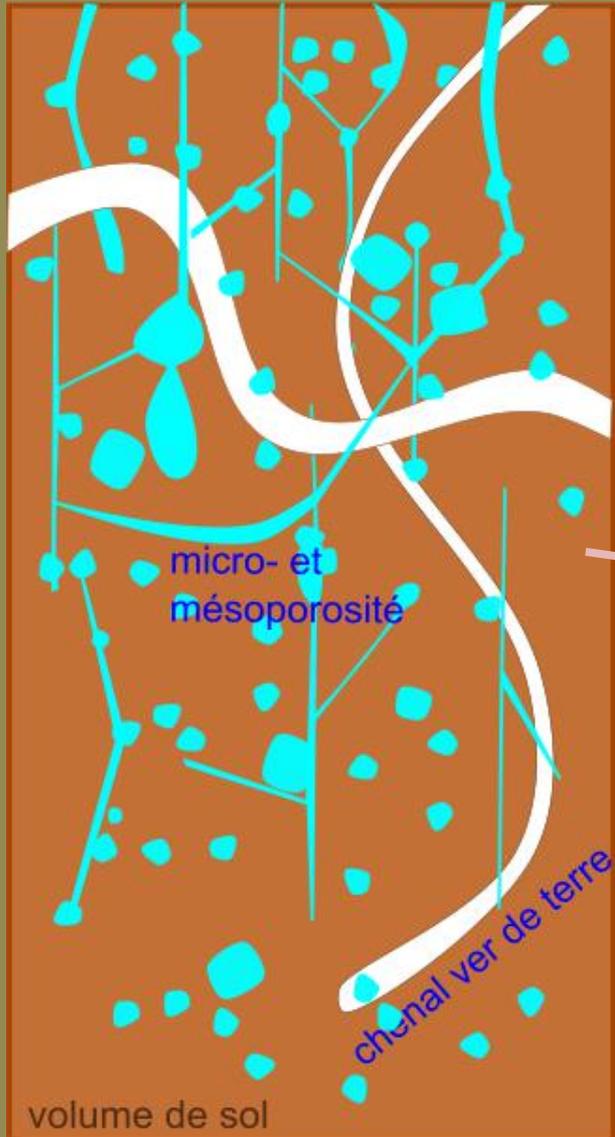
Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

Deuxième exemple : parcelle T6CAS Thieubert



Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

A l'échelle de la motte de terre : micro- et mésoporosité importante
A l'échelle du profil : des transferts plus rapides



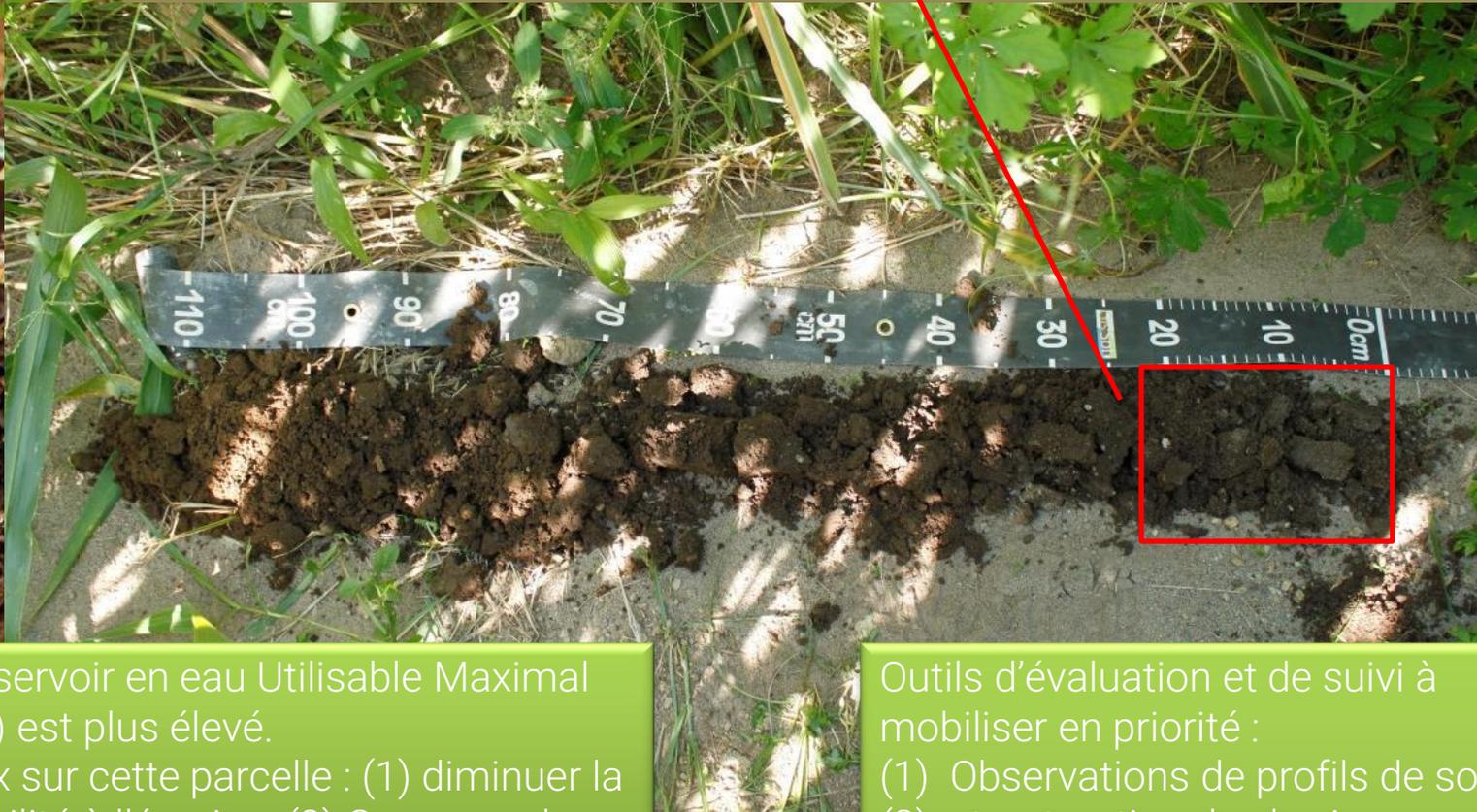
Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

Mais à l'échelle du versant : des phénomènes d'érosion apparaissent



Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

A l'échelle du versant : des problèmes d'érosion = pertes en terres à l'amont, accumulations à l'aval (ici 20cm d'épaisseur), etc.



Le Réservoir en eau Utilisable Maximal (RUM) est plus élevé.
Enjeux sur cette parcelle : (1) diminuer la sensibilité à l'érosion, (2) Conserver la porosité en l'état ou l'améliorer

Outils d'évaluation et de suivi à mobiliser en priorité :

- (1) Observations de profils de sol
- (2) structuration des horizons « VESS »
- (3) Stabilité structurale « Slake Test »
- (4) les indicateurs Carbone !

Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

Exemple : parcelle caféiers « Pajoul »



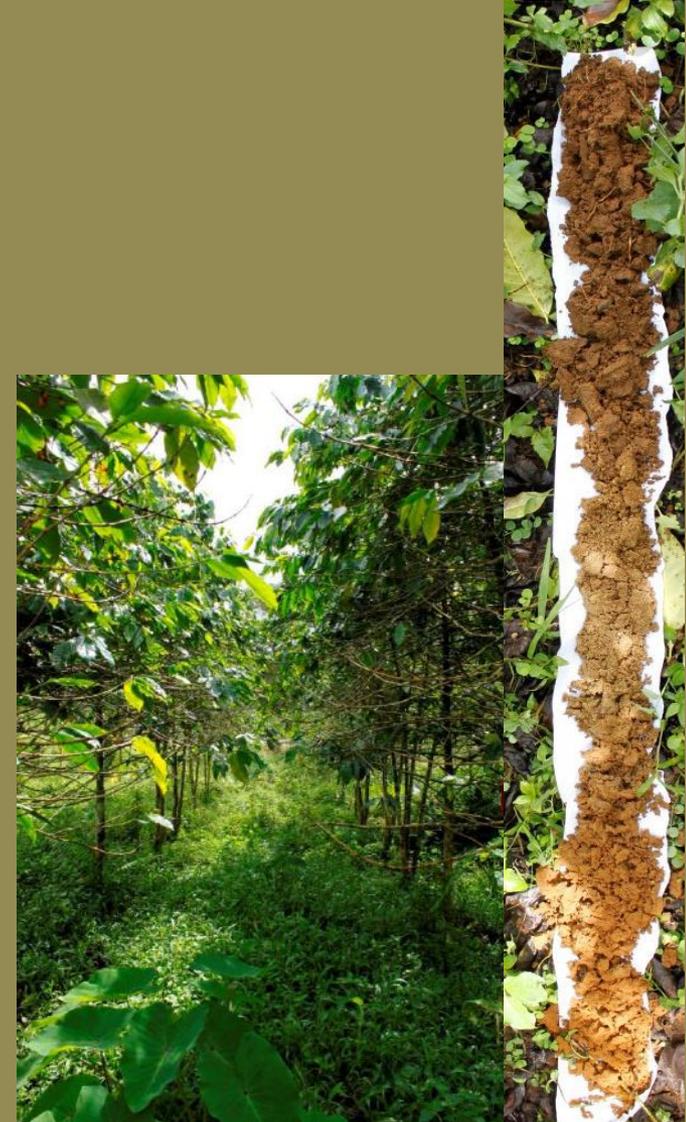
Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

Exemple : parcelle caféiers « Pajoul »

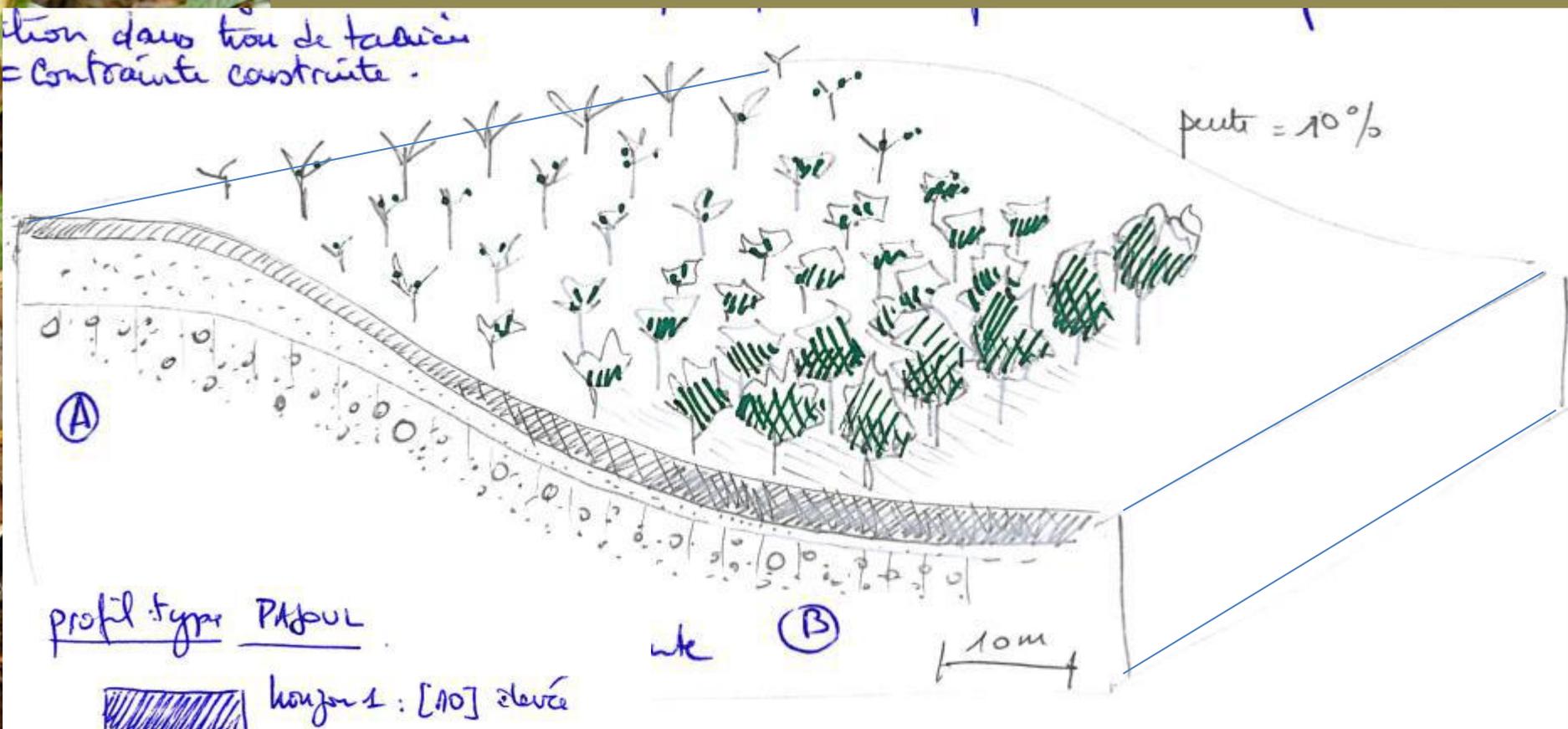


« Sommet » de parcelle, très faible productivité
Type de sol A

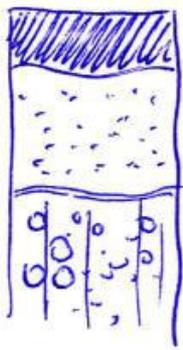
« Bas » de parcelle
Meilleure productivité
Type de sol B



Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »



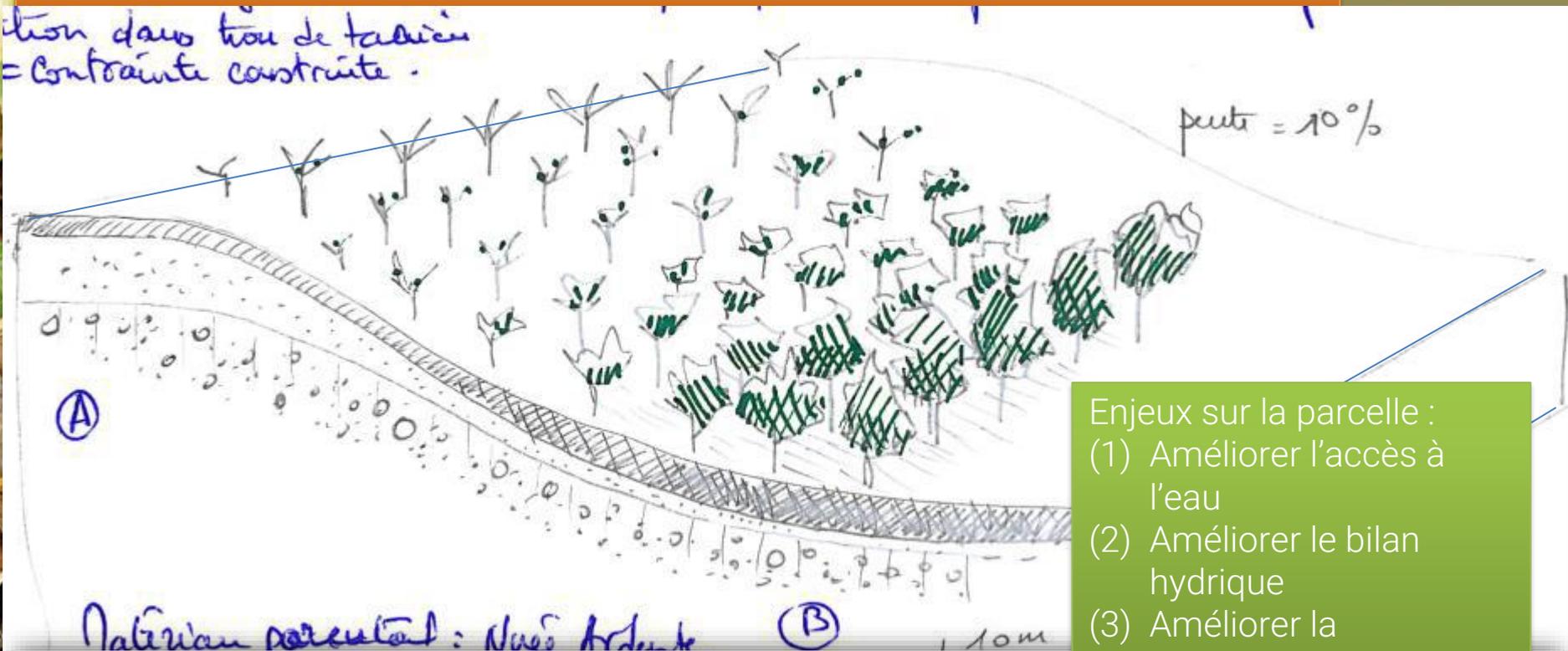
profil type PAPUL



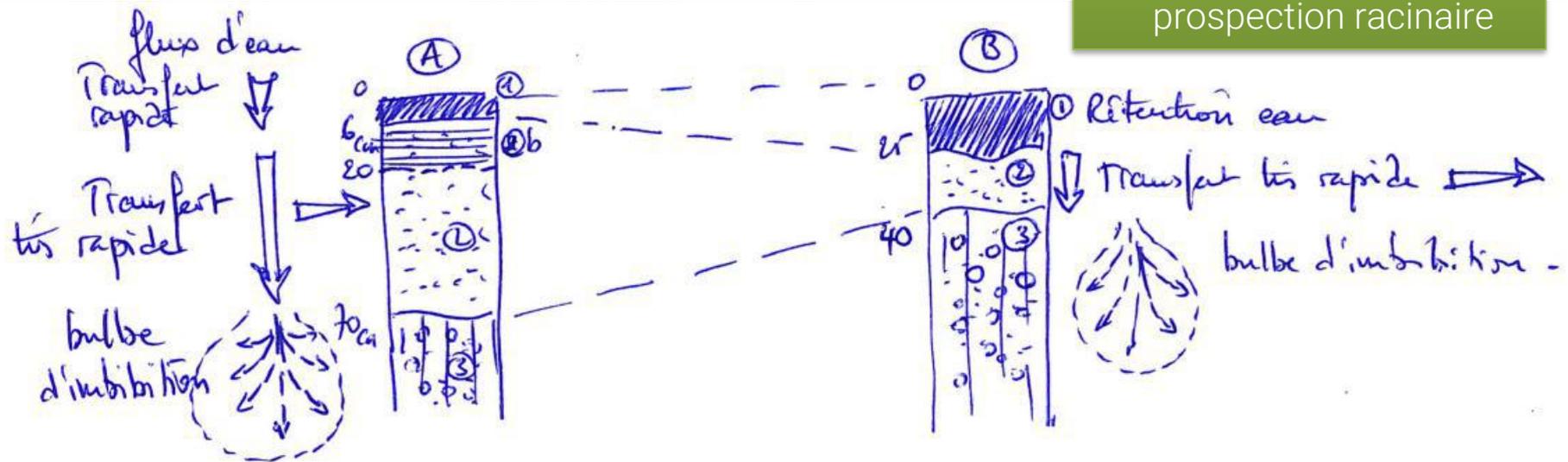
horizon 1 : [A0] élevée
horizon 2 : sable grossier
horizon 3 : pierre altérée,
sable argileux

$K_{sat} = 60\text{mm/h}$ (hz 2), transferts rapides de l'eau
 $K_{sat} = 15\text{mm/h}$ (hz 3), imbibition et stockage de l'eau

Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »



- Enjeux sur la parcelle :
- (1) Améliorer l'accès à l'eau
 - (2) Améliorer le bilan hydrique
 - (3) Améliorer la prospection racinaire



Fonctionnement du sol : exemple des « trajets de l'eau »

Outils d'évaluation et de suivi à mobiliser en priorité :

- (1) Observations de profils de sol
- (2) structuration des horizons « VESS »
- (3) Architecture racinaire

Pied de caféier en sommet de parcelle : le système racinaire ne s'étend pas

Horizons de sol très compactés autour de la fosse de plantation

Un levier fondamental à utiliser :
le mode de plantation
→ séquence pépinière/plantation



Fonctionnement du sol : un ensemble de méthodes et d'outils



Des principes à respecter :

- (1) privilégier les approches transversales. Exemples : *sols/racines/champignons* ou *fonctionnement hydrique/activité biologique*, etc.
- (2) Insister sur les observations de terrain
- (3) Intégrer les notions de dynamique temporelle
- (4) Intégrer les notions de continuités paysagères
- (5) Convoquer l'expertise des agriculteurs

De nombreux outils de suivi et d'évaluation des sols :

- (1) Les profils de sol et les sondages tarière
- (2) Les analyses classiques de laboratoire
- (3) Les indicateurs de Santé des Sols
- (4) Les tensiomètres et bougies poreuses
- (5) Et d'autres encore

Fonctionnement du sol : un ensemble de méthodes et d'outils

Deux questions récurrentes : (1) faut-il s'autonomiser en totalité par rapport aux analyses de laboratoire ? (2) comment réduire ou optimiser la dépendance à ces analyses ?

Deux réponses : (1) non et (2) utiliser des indicateurs de qualité du sol en complément des approches analytiques classiques

Indicateurs de qualité des sols, de santé des sols ? Attention, il faut impérativement (1) « les tenir en laisse » !!, (2) disposer d'un système agronomique de référence, (3) les mobiliser en complément d'observations pertinentes



Fonctionnement du sol : un ensemble de méthodes et d'outils

Exemple d'un indicateur : BIOFUNCTOOL[®]

C'est un indicateur référencé par l'ADEME*

Qui cherche à évaluer 3 fonctions principales du sol :

- ① maintien de la structure ⇒ *exemple « stabilité » des sols*
- ② cycle des nutriments ⇒ *exemple transfert et dynamique des nutriments dans le sol*
- ③ transformations carbonées ⇒ *exemple stockage du C*

→ concept « **faible technicité** », appropriable par les acteurs de terrain, participatif

→ 9 indicateurs issus d'une expertise et de **publications scientifiques** (IRD, CIRAD)

→ se traduisant par une **échelle de notation relative** des performances

→ Utilisable dans **tous les contextes** : agricoles, naturels, urbains, forestiers ...

A utiliser intelligemment A interpréter avec prudence



Répartition des sols dans un paysage : inventorier pour mieux gérer



Répartition des sols dans un paysage : inventorier pour mieux gérer



De l'agrégat ...



... au paysage



Répartition des sols dans un paysage : inventorier pour mieux gérer



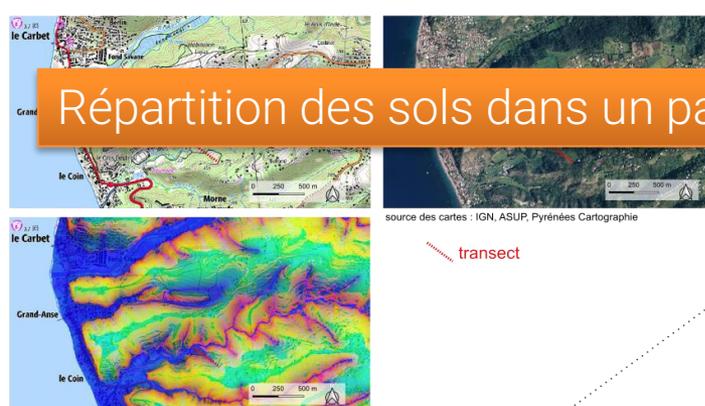
De l'agrégat ...



... au paysage



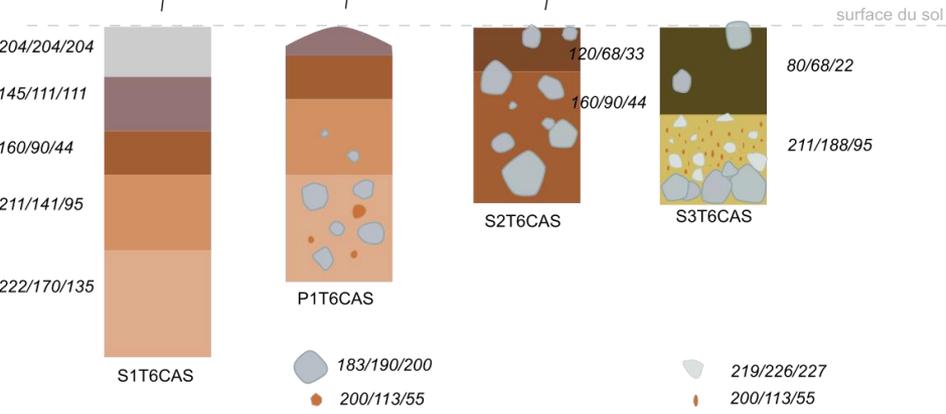
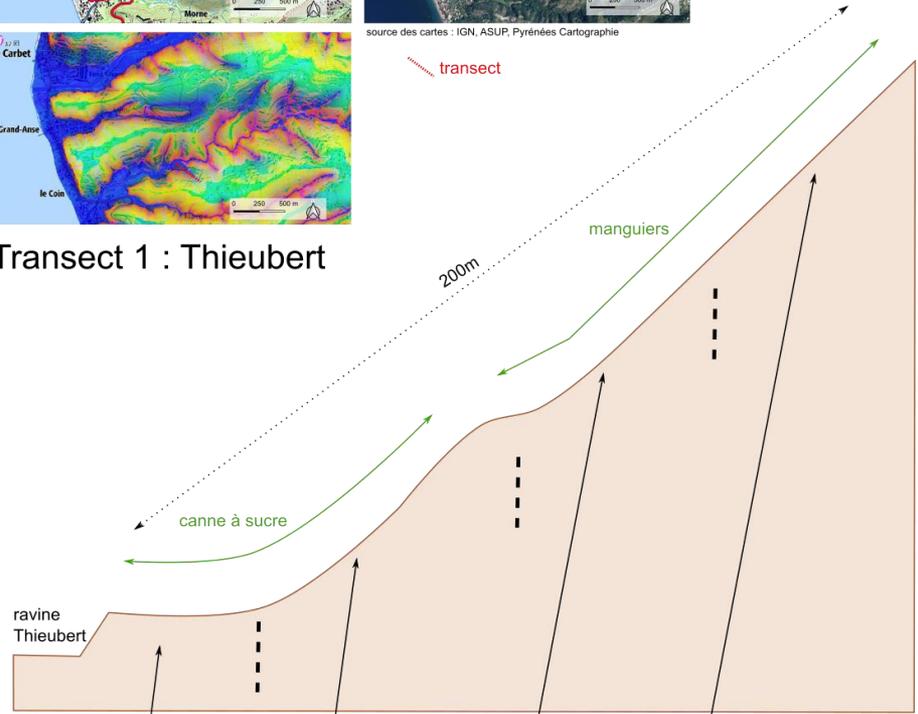
Répartition des sols dans un paysage : d'abord inventorier dans les continuités



source des cartes : IGN, ASUP, Pyrénées Cartographie

tranchet

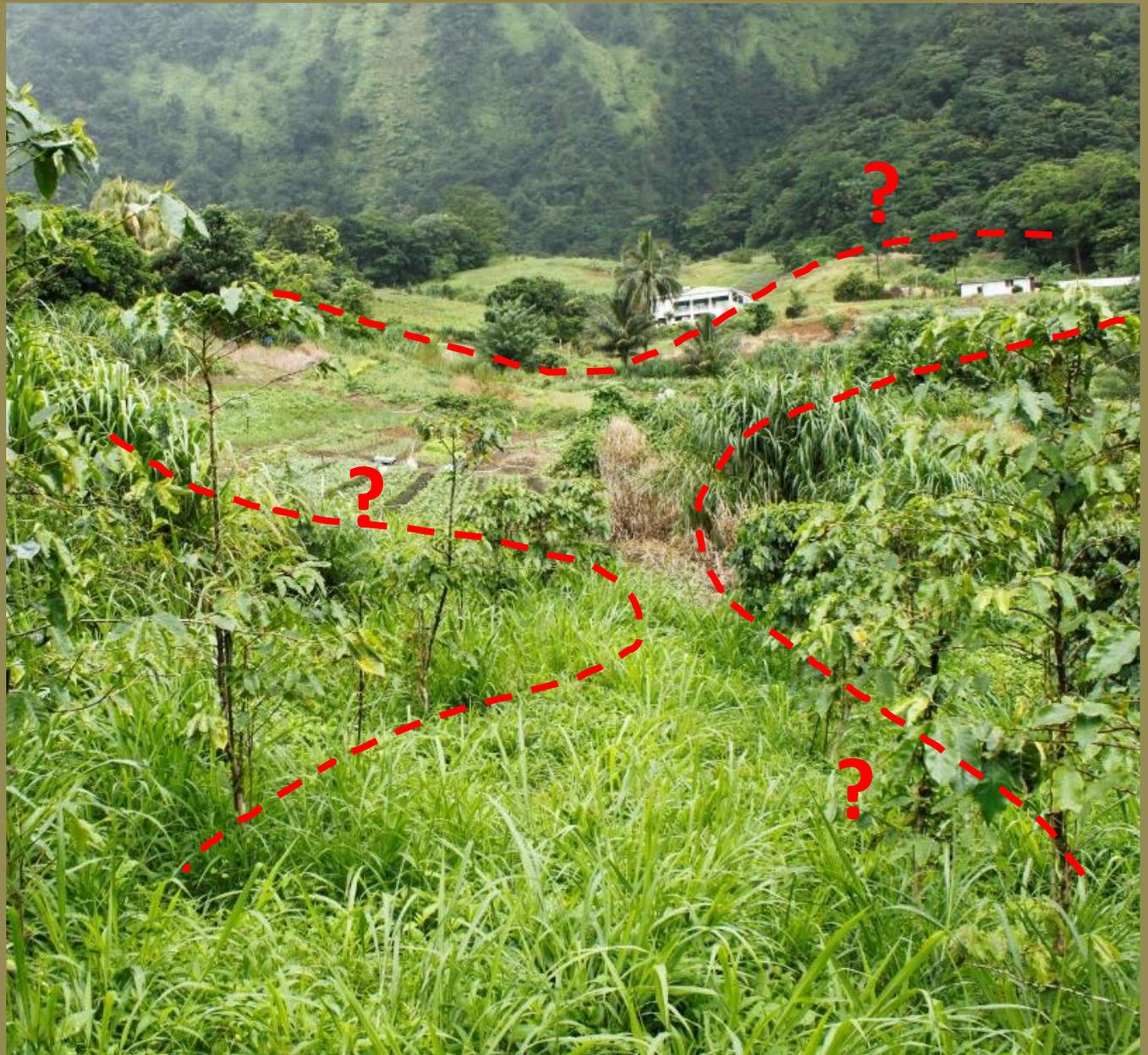
Transect 1 : Thieubert



Exemple : versant « Thieubert »



Répartition des sols dans un paysage : ensuite tracer des limites



Répartition des sols dans un paysage : ensuite tracer des limites

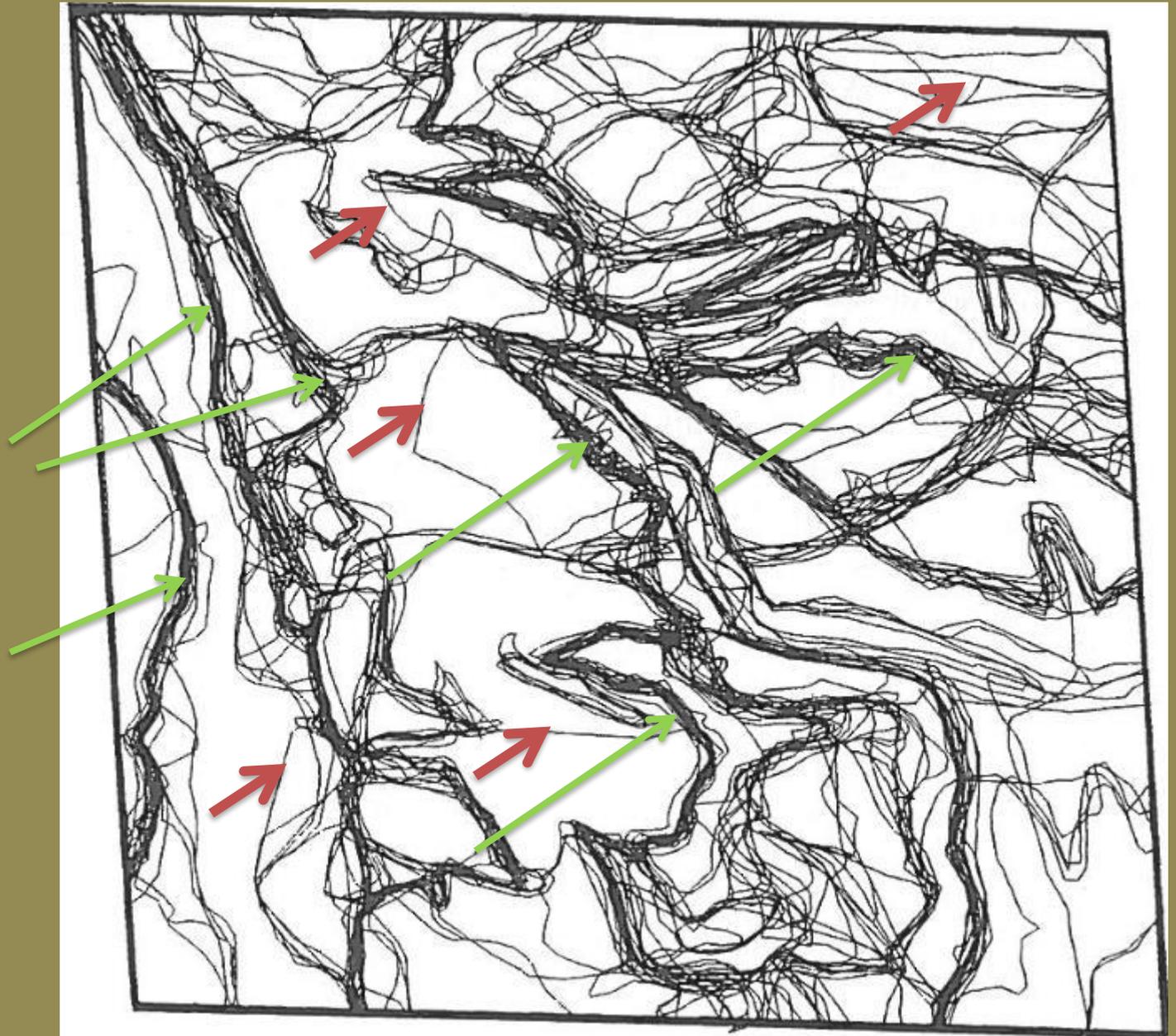


Répartition des sols dans un paysage : ensuite tracer des limites



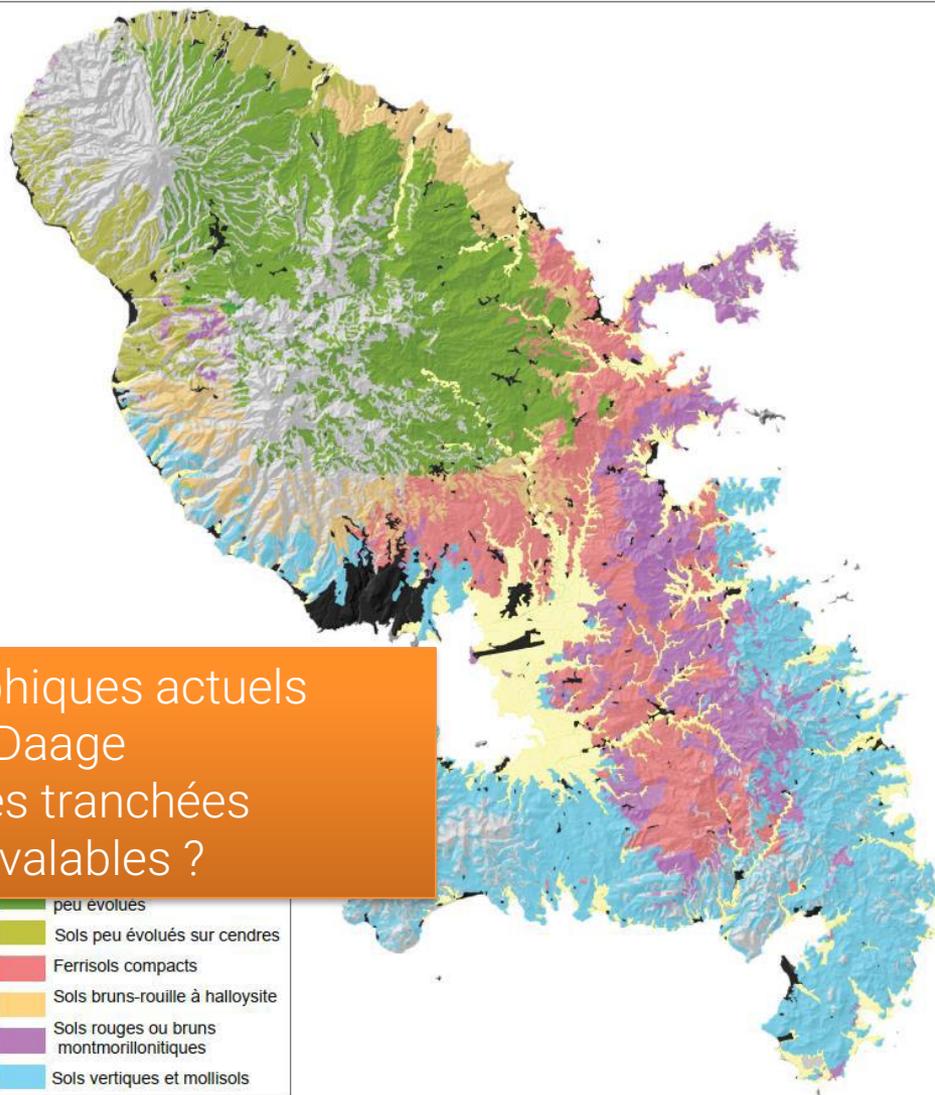
Tiré de
« cartographies
des sols », cf
biblio

Répartition des sols dans un paysage : ensuite tracer des limites



Tiré de
« cartographies
des sols », cf
biblio

Carte pédologique simplifiée de la Martinique au 1/20 000ème



Documents cartographiques actuels

- Dérivés de Colmet-Daage
- Avec des limites très tranchées
- Sont-elles toujours valables ?



Source: IRD - F. Colmet-Daage (1969)

<http://www.ird-mq.fr>

Cellule SIG - PRAM

<http://www.pram-martinique.org>

BDTOPO® 2004 ©IGN Paris



Documents cartographiques actuels

- Dérivés de Colmet-Daage
- Avec des limites très tranchées
- Sont-elles toujours valables ?

Maël Lucien-Brun, Murielle Mantran, Jean-Louis Diman.
Carte agroécologique de la Martinique : notice. 2014.
hal-03594898

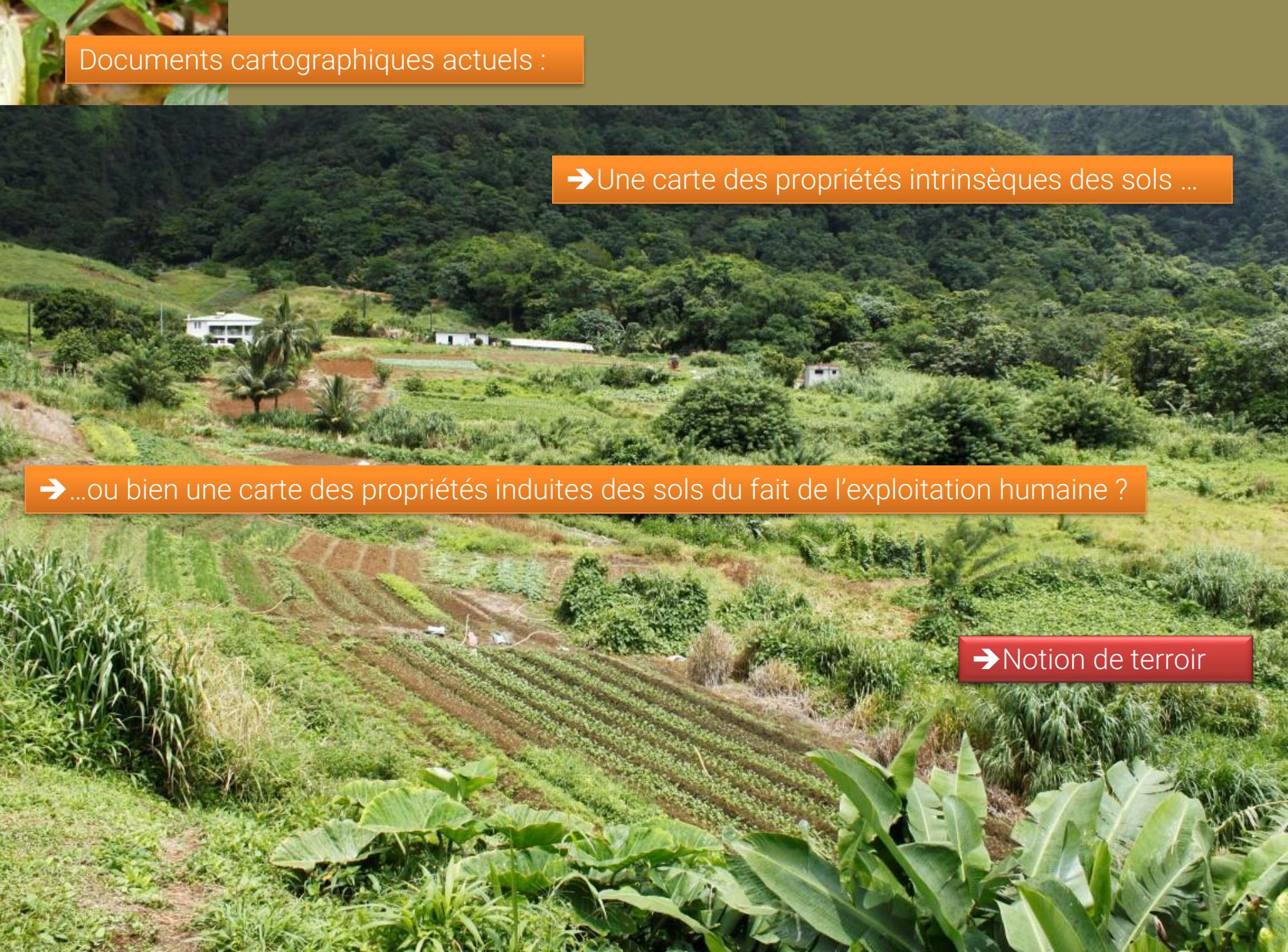


Andosols



Sols peu évolués sur cendres

NB: ce sous-zonage ne correspond pas vraiment à la réalité étant donné que la cartographie des sols de cette zone n'a pas pu être effectuée entièrement. Les sols peu évolués sur cendres sont théoriquement répartis ainsi. Ce sous-zonage est donc à titre indicatif.



Documents cartographiques actuels :

→ Une carte des propriétés intrinsèques des sols ...

→ ...ou bien une carte des propriétés induites des sols du fait de l'exploitation humaine ?

→ Notion de terroir

→ Il existe des programmes nationaux pour mieux appréhender la connaissance des sols





Les programmes



Inventaire, Gestion et Conservation des Sols – IGCS



Réseau de Mesures de la Qualité des Sols – RMQS

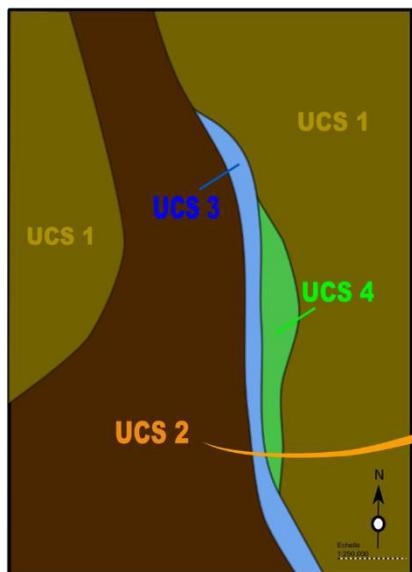
Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS)



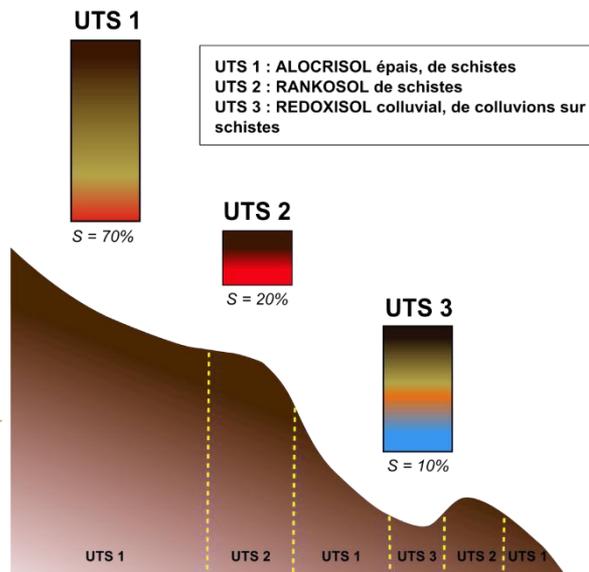
Base de Données d'Analyses des Terres – BDAT



Base de Données Eléments Traces Métalliques – BDETM



Carte des pédopaysages



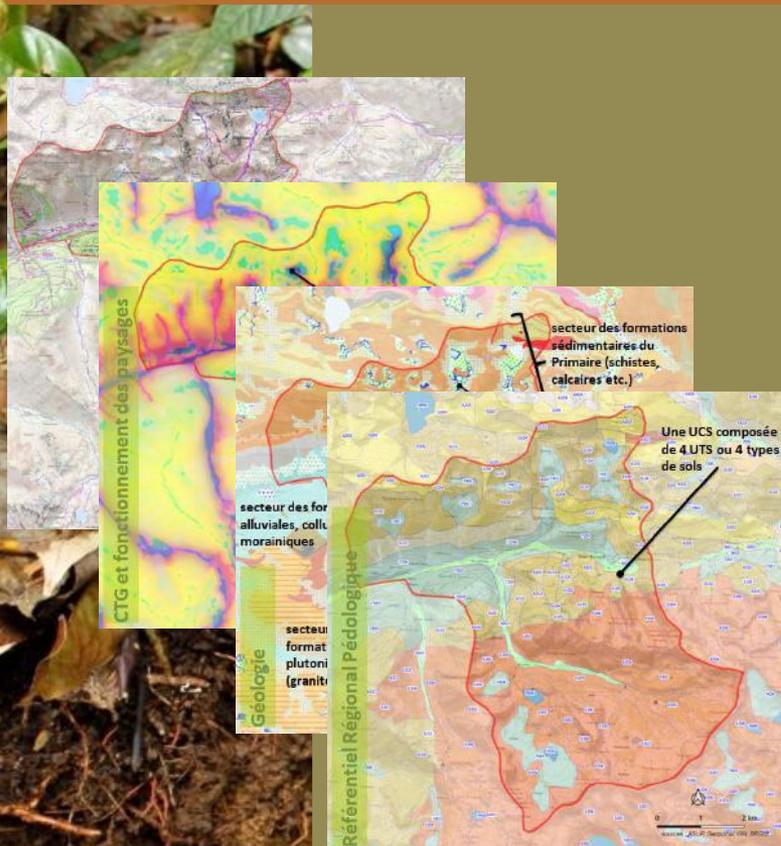
UCS 2

UCS complexe, composée de 3 UTS ou types de sols



Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS)

➤ Secteur de Référence / Echelle de cartographie > 1/25 000



Délimiter un secteur représentatif des problématiques agronomiques et pédologiques d'un territoire



Inventorier et décrire précisément les sols, comprendre leur fonctionnement



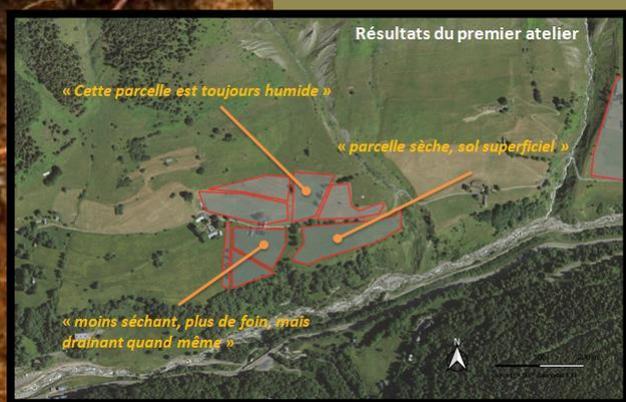
Recueillir et utiliser l'expertise des exploitants agricoles, définir un vocabulaire commun



Relier les sols avec les problématiques agronomiques du territoire concerné. En déduire des leviers d'action.



Définir les clés d'extrapolation au reste du territoire



Les programmes



Inventaire, Gestion et Conservation des Sols – IGCS



Réseau de Mesures de la Qualité des Sols – RMQS

Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)



Base de Données d'Analyses des Terres – BDAT



Base de Données Eléments Traces Métalliques – BDETM

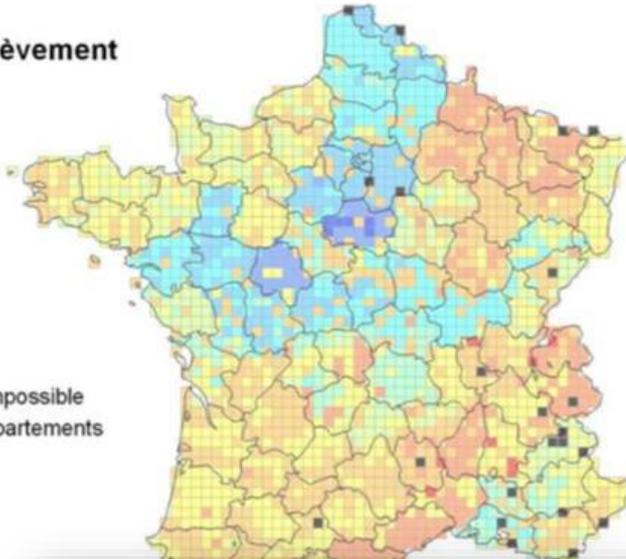
Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)

RMQS1

RMQS2

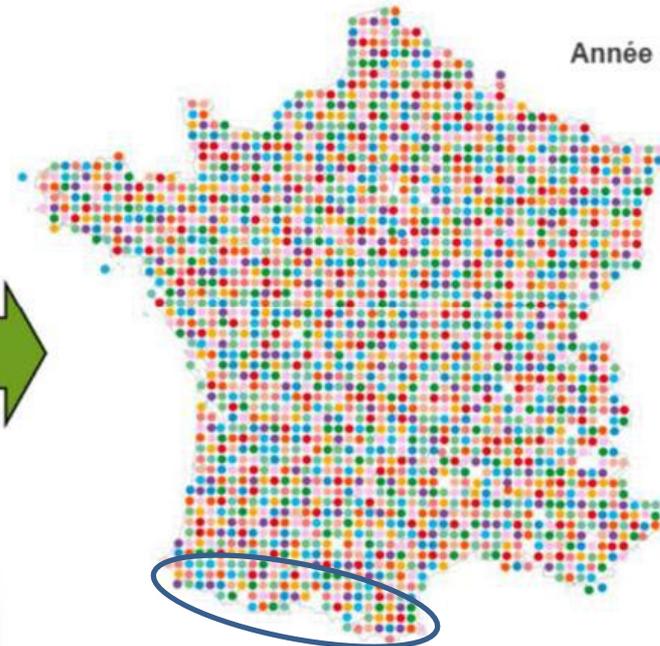
Année de prélèvement

- 2000
- 2001
- 2002
- 2003
- 2004
- 2005
- 2006
- 2007
- 2008
- 2009
- Prélèvement impossible
- Limites des départements

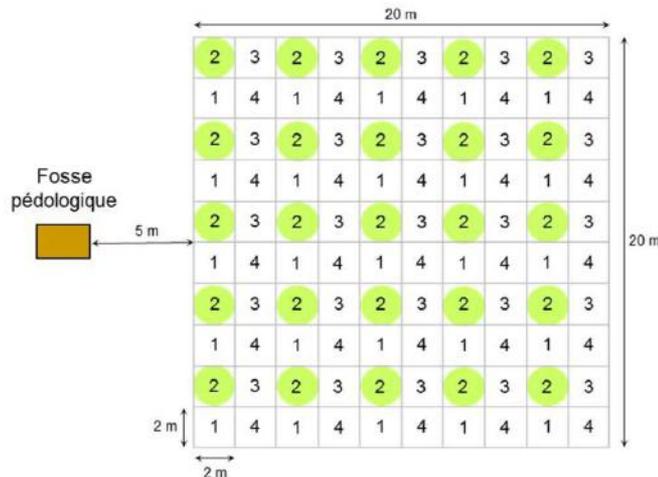


Année de prélèvement

- 2016
- 2017
- 2018
- 2019
- 2020
- 2021
- 2022
- 2023
- 2024
- 2025
- 2026
- 2027
- prélèvement impossible



Surface d'échantillonnage



Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)



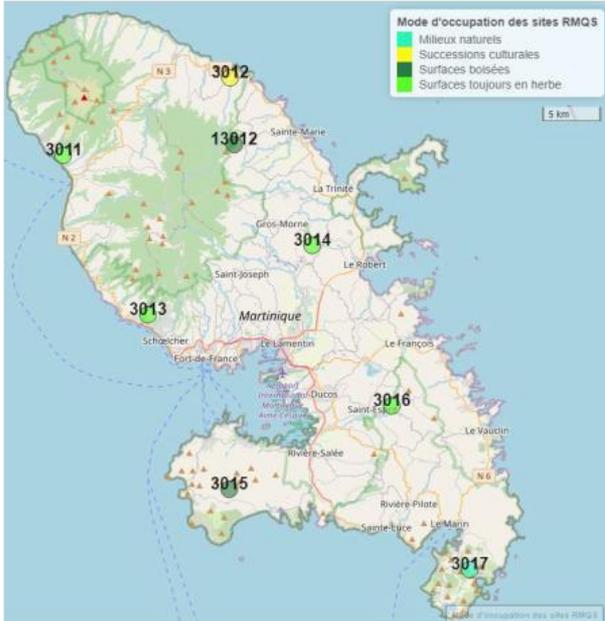
des Sols

RMQS2 :
deuxième campagne
métropolitaine
2016 - 2027



Martinique

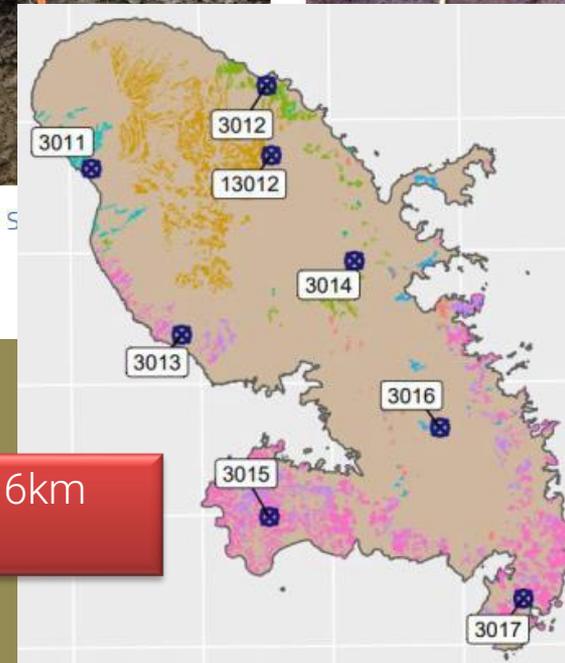
8 sites implantés en 2007



Site 3012 - Nitosol



Site 13012 - Andosol

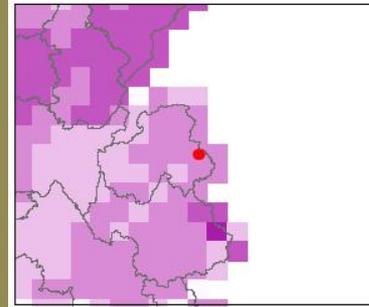
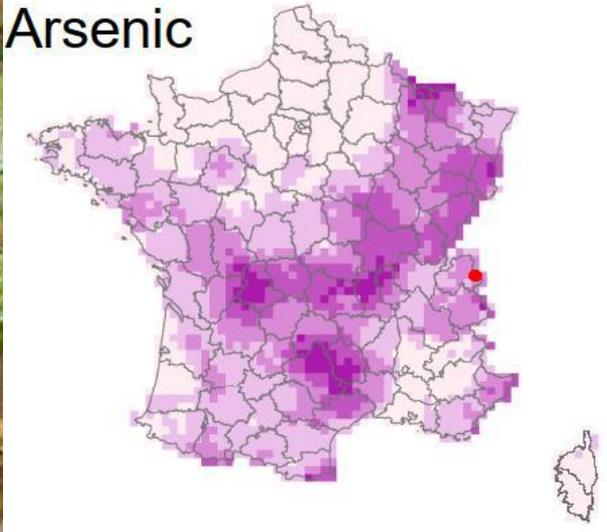


Coordination InfoSol avec appui INRA Guadeloupe (unité APC)

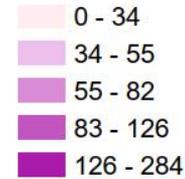
Source : INFOSOL 2022

→ Inadéquation de la grille 16km x 16km
→ Définir une nouvelle stratégie

Arsenic



Teneurs habituelles maximales en mg/kg



Détermination analytique	Profondeurs de prélèvement		Unité
	0 - 30 cm	30 - 50 cm	
Eléments libres			
Fer libre ¹¹	0,26	0,42	g/100g
Fer libre ¹²	0,55	0,89	g/100g
Eléments traces par extraction totale			
Cadmium total ¹⁴	0,14	0,21	mg/kg
Cobalt total ¹³	3,06	5,34	mg/kg
Chrome total ¹³	21,4	35,9	mg/kg
Cuivre total ¹³	2,45	2,63	mg/kg
Molybdène total ¹⁴	0,35	0,43	mg/kg
Nickel total ¹³	4,76	8,61	mg/kg
Plomb total ¹⁴	33,9	15,7	mg/kg
Thallium total ¹⁴	0,18	0,22	mg/kg
Zinc total ¹³	22,2	31,5	mg/kg
Eléments traces par extraction partielle			
Bore ¹⁵	0,19	0,13	mg/kg
Cadmium ¹⁶	0,08	0,08	mg/kg
Chrome ¹⁷	0,17	0,06	mg/kg
Cuivre ¹⁶	0,23	0,14	mg/kg
Nickel ¹⁶	0,39	0,31	mg/kg
Plomb ¹⁶	18,30	4,14	mg/kg
Zinc ¹⁶	0,67	0,20	mg/kg



« pédothèque » : conservatoire européen des sols
Source : INRAE

ASPIR, exemple de coopération transfrontalière sur les sols des Pyrénées



ALIANZA DE SUELOS DE LOS PIRINEOS
ALLIANCE PYRÉNÉENNE DES SOLS
PIRINIOETAKO LURZORUEN ALIANTZA
ALIANÇA PIRINENCA DE SÒLS



Tâche initiale : élaborer un dictionnaire commun !!!

Saisir, archiver et partager la connaissance



Quatre exemples d'outils d'aide informatiques :

Saisir des informations : <https://arcg.is/1umDrL>

Enquêter : <https://arcg.is/1zzGDX>

Partager des informations :
<https://experience.arcgis.com/experience/d25f4b9c348f4a71b6beb33f933f252f>

Décrire, publier et archiver : <https://arcg.is/1K149n>

Merci pour votre participation



→ Retour aux champignons

Saisir, archiver et partager la connaissance

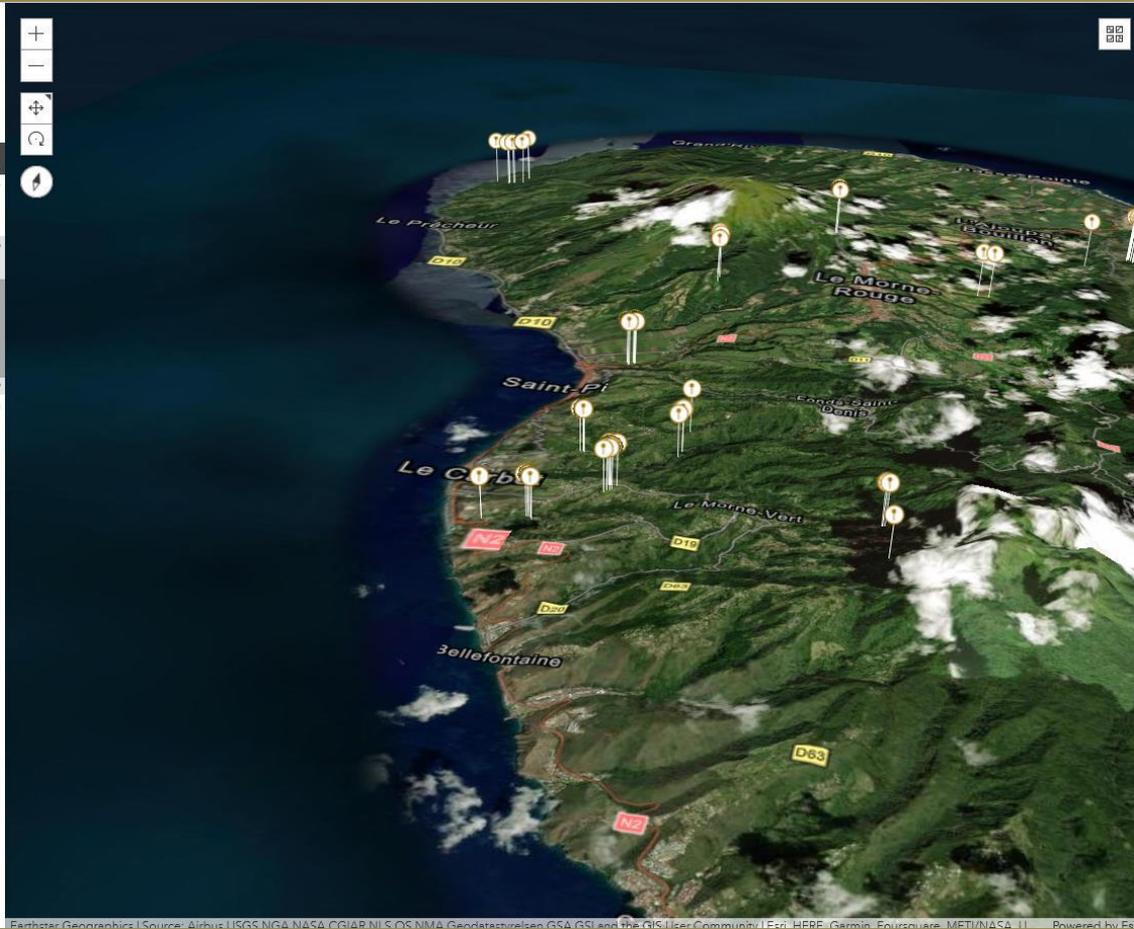
 Parc naturel régional de la Martinique

Sondages pédologiques

Rechercher une adresse ou un lieu

Contenu de la carte

- Chromato-topographie
- Augmenter l'opacité
- Diminuer l'opacité
- Bâtiment 3D (OpenStreetMap)



Liste des sondages

S21 : NITOSOL épais, humifère, de sommet de crête	
S22 : NITOSOL épais humifère de versant abrupt	
S23 : NITOSOL humifère épais sur ponce	
S24 : NITOSOL myt épais myt humifère sableux	
S25 : NITOSOL sur cendre et ponce à 35cm	
S26 : ANDOSOL peu épais, compacté, de sommet de butte	
S27 : ANDOSOL épais de bas de versant	
S28 : ANDOSOL à NITOSOL andosolique de glaciais peu nentu sursaturé en eau à	
S29 : NITOSOL andosolique épais rédoxique de pied de nlaris	
S31 : NITOSOL épais de versant remanié en terrasses	
S30 : NITOSOL de versant remanié en terrasses	
S32 : NITOSOL épais colluvionné de bas de versant	
S33 : NITOSOL épais humifère de versant peu nentu	



Saisir, archiver et partager la connaissance

The screenshot displays an ArcGIS web application interface for soil sampling. The main map shows an aerial view of a coastal area with several sampling points marked by numbered pins (1-5). A sidebar on the left contains the application title, a search bar, and a list of map layers including 'Sondage pédologique (ASUP)'. Below the map, a table provides details for the selected sampling point S2.

Sondages pédologiques

Parc naturel régional de la Martinique

Rechercher une adresse ou un lieu

Contenu de la carte

- Sondage pédologique (ASUP)
- Augmenter l'opacité
- Diminuer l'opacité
- Chromato-topographie

Numéro de sondage : S2	
Nom du sol	NITOSOL moyennement épais
Date du sondage	02/09/2022 20:00
Commentaires	

Photographies

Photo 1

Liste des sondages

- LCACP1 :
- LCACP3 :
- P1_T6CAS : bilithique de cendres sur paleo
- S1 : COLLUVIOSOL épais sableux
- S2 : NITOSOL moyennement épais**
- S3 : NITOSOL humifère moyennement épais
- G2Cas : NITOSOL
- S4G6cas : NITOSOL leptique sur cendre
- S5 G2casCro : NITOSOL endique vitrique épais
- G6cro : NITOSOL très compact
- P3 C1casV : VITRANDOSOL
- S7C1CasJ : VITRANDOSOL leptique de cendres de convexité à 15cm
- S8C1casJ : VITRANDOSOL leptique humifère de



Saisir, archiver et partager la connaissance

 Parc naturel régional de la Martinique

Sondages pédologiques

Rechercher une adresse ou un lieu

Contenu de la carte

- Sondage pédologique (ASUP)
- Chromato-topographie
- Augmenter l'opacité
- Diminuer l'opacité

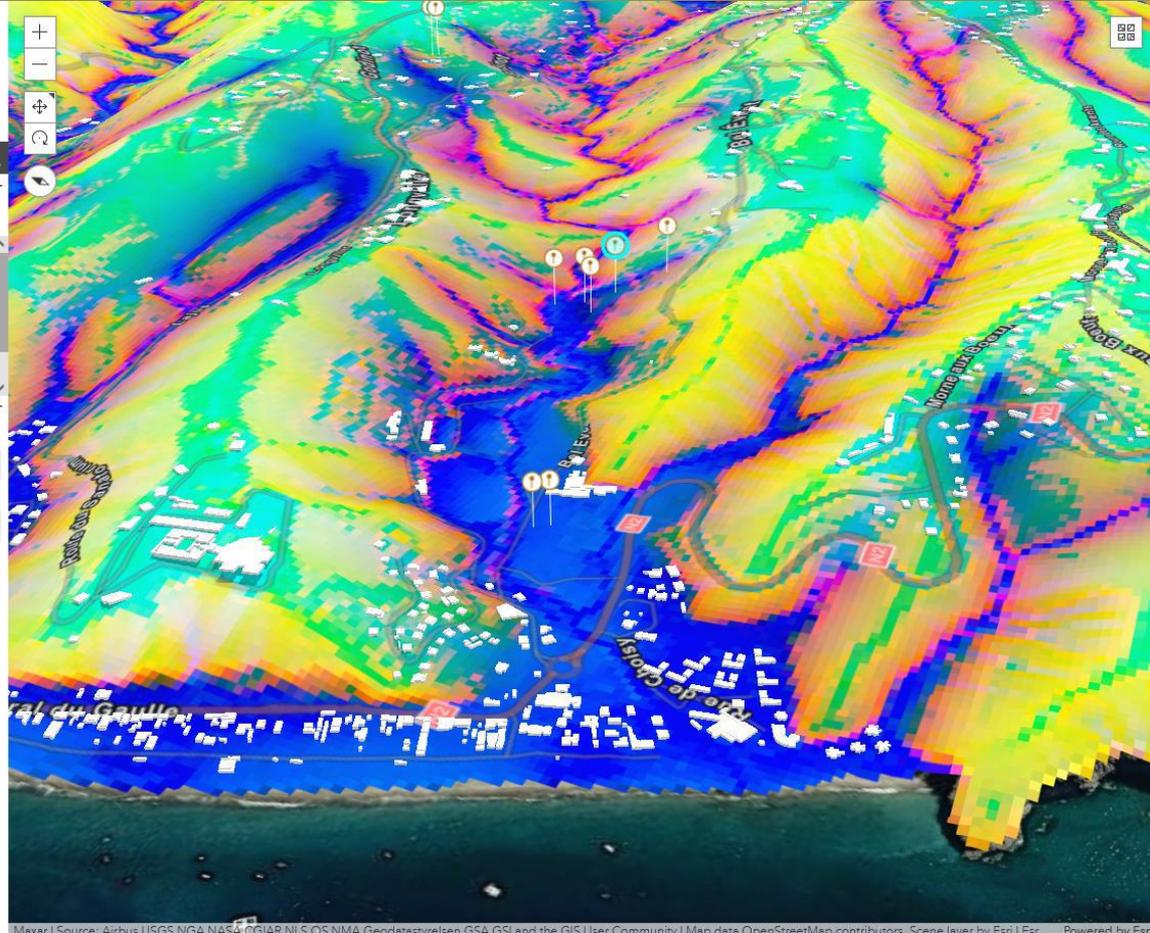
Numéro de sondage : S2

Nom du sol	NITOSOL moyennement épais
Date du sondage	02/09/2022 20:00
Commentaires	

Photographies



Photo 1



Liste des sondages

- LCACP1 :
- LCACP3 :
- P1_T6CAS : bilithique de cendres sur paleo
- S1 : COLLUVIOSOL épais sableux
- S2 : NITOSOL moyennement épais
- S3 : NITOSOL humifère moyennement épais
- G2Cas : NITOSOL
- S4G6cas : NITOSOL leptique sur cendre
- S5 G2casCro : NITOSOL andique vitrique épais
- G6cro : NITOSOL très compact
- P3 C1casV : VITRANDOSOL
- S7C1casJ : VITRANDOSOL leptique de cendres de convexité à 15cm
- S8C1casJ : VITRANDOSOL





Saisir, archiver et partager

PNR de la Martinique

Saisir un sondage pédologique

Nom du sondage*

Saisissez un nom pour votre sondage

Nom du sol

Commentaires

1000

Photographie

Déposer un(e) image ici ou sélectionner un(e) image



Localisation du sondage*

Rechercher une adresse ou un lieu

Earthstar Geographics | Esri, HERE, Garmin, Foursquare, IMETV/NASA, USGS Powered by Esri

Aucune géométrie n'a encore été capturée.

Organisme

Date et heure de la saisie