

INTRODUCTION

La présente analyse s'inscrit à la suite d'une étude portant sur l'évolution récente de l'hydrologie au sein du terrain militaire de Souge. Le principe général de cette dernière a reposé sur la comparaison des données des sols et des données hydrologiques et géomorphologiques. Cette comparaison a mis en évidence une dégradation importante des conditions hydrogéologiques, en a défini les causes et a fixé des principes de remédiation.

L'ONF, gestionnaire de la Zone Natura 2000 du Camp de Captieux, a souhaité qu'y soit engagée une réflexion de même ordre. La transposition directe du principe de l'étude de Souge sur le camp de Captieux n'est malheureusement pas possible en termes immédiats. Les raisons à cela sont simples :

- La surface étudiée à Souge (environ 500 ha) est 20 fois moindre que celle de l'ensemble du Camp de Captieux,
- La réalisation d'une étude de type « Souge » sur l'ensemble du camp aurait été financièrement prohibitive et non réalisable sur le plan technique. En effet, la mise en place et le suivi d'un réseau de 340 piézomètres, à Captieux (17 à Souge multiplié par 20) est une impossibilité technique.

Aussi a-t-il été arrêté de réaliser une analyse plus générale, essentiellement destinée à poser les bases de réflexion, indispensables à la définition de 2 ou 3 secteurs restreints. Sur ces secteurs, représentatifs du camp, sera mise en œuvre une étude plus détaillée, de type « Souge », rendue techniquement et financièrement réalisable.

Cette étude générale se doit de porter sur l'ensemble des thèmes ayant trait à la composante hydrique des sols :

- L'hydrologie,
- La géologie,
- Le relief,
- La pédologie.

Dans le cadre géographique des Landes de Gascogne, ces thèmes, abordés séparément, génèrent peu d'informations pertinentes :

- La géologie est presque en tout point de la surface, exclusivement représentée par les sables éoliens qui ont nappé l'Aquitaine occidentale au cours des derniers épisodes glaciaires : du sable, plus ou moins épais, mais rien que du sable.
- Le relief est, sauf à l'approche des principaux cours d'eau, d'une grande platitude apparente. A l'échelle d'une surface comme Captieux, aucune structure topographique particulière n'apparaît à l'exception de simples rides éoliennes.
- L'hydrologie est, dans les vastes étendues des interfluves comme c'est le cas à Captieux, réduite à peu de choses si l'on exclut le réseau anthropique des crastes, fossés et barades.
- La pédologie n'est guère variée ; des podzols, certes « comme ceci ou comme cela », mais rien que des podzols.

Aussi a-t-il paru évident que ramener l'expertise à la seule analyse séparée de ces divers thèmes ne serait guère porteur d'intérêt. La seule voie qui, pour être productive, s'ouvrirait à nous, était celle d'une intégration et d'une mise en perspective de ces thèmes.

Ce faisant, ce travail vient se surimposer à des thèmes généraux de recherche que mène actuellement notre petite structure de bureau d'études. Il s'agit, en premier lieu, d'un travail de synthèse portant sur les relations entre la répartition des sols, la structure tectonique et la géomorphologie de l'Aquitaine occidentale. En second lieu, ces travaux s'intéressent à la formation des sols du sable des Landes, les PODZOSOLS, notamment en relation avec les conditions hydriques et la morphogenèse.

Autant dire que le travail entrepris à Captieux, par sa nature, se place dans le champ de nos recherches actuelles. Cela présente des avantages certains :

- Donner du « grain à moudre » en alimentant nos réflexions en éléments recueillis sur le terrain,
- Eclairer la région de Captieux d'un jour nouveau en y appliquant les méthodes de l'analyse morpho-structurale, ainsi qu'une nouvelle voie explicative de la genèse des PODZOSOLS landais.

Cela présente aussi un inconvénient majeur. Ces thèmes de recherche sur la structure tectonique de la région et sur la pédogenèse des Landes de Gascogne, ne sont, à ce jour, pas en état de publication. Ils n'ont donc pas encore été validés par la communauté scientifique.

Aussi pour pallier cet inconvénient, convient-il de considérer le présent travail comme un essai. Sa valeur scientifique ne pourra être clairement évaluée qu'après, d'une part la confrontation avec la « dure réalité » du terrain, c'est-à-dire quand les secteurs du camp de Captieux, choisis en référence et analysés aussi précisément que celui du Camp de Souge, auront permis de le valider ; et d'autre part, lors de l'acceptation de nos travaux de recherche pour publication.

Pour être clair, le présent travail nécessite un exposé préalable, sommaire, des résultats généraux de nos travaux de recherche. En effet, c'est conformément à ces travaux qu'ont été interprétés les sols de Captieux. Cet exposé préliminaire portera, dans la suite de ce travail, sur :

- La morphologie structurale de l'Aquitaine occidentale,
- La pédogenèse spécifique des PODZOSOLS développés dans le Sables des Landes.

LES DONNÉES GÉNÉRALES

I – Les aspects structuraux et tectoniques régionaux

Depuis une vingtaine d'années, de très nombreux exemples, en Gironde, ont montré que les sols ont pu enregistrer les effets d'une tectonique active. Ce point est intéressant à double titre :

- Il montre que des mouvements tectoniques se sont manifestés au cours d'une période géologique récente voire même très récente à l'échelle géologique (Schneider, 2012),
- Dans une région comme l'Aquitaine occidentale où les dépôts sédimentaires sont très majoritairement constitués de matériaux tendres, peu cohérents ou meubles, les roches n'ont enregistré qu'exceptionnellement, des traces évidentes de cette tectonique (plis, failles, décalages, miroirs de failles...)

L'interprétation de l'enregistrement, par les sols, de mouvements d'une telle origine, est donc un moyen d'accéder à une information par ailleurs floue voire totalement masquée.

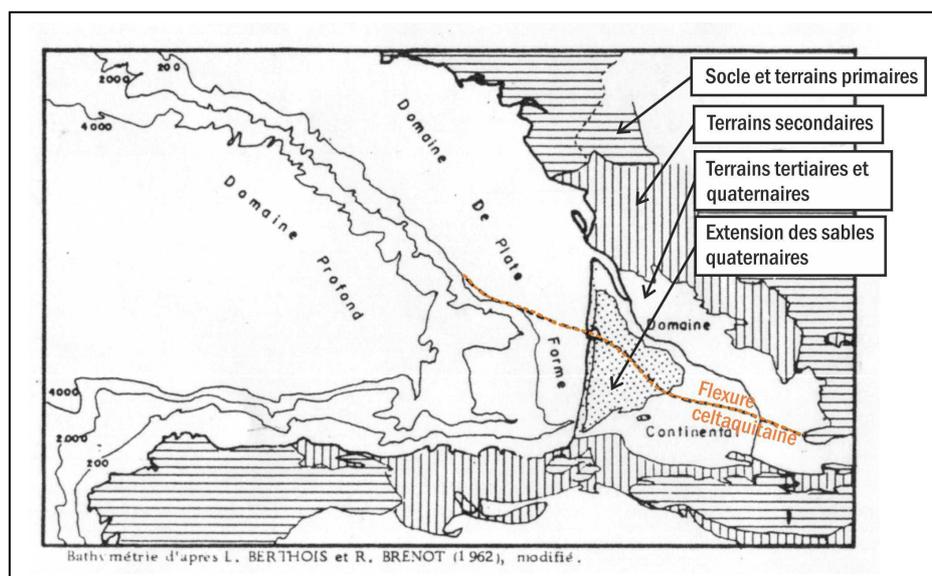
Les données qui suivent sont issues de la bibliographie ainsi que de travaux récents, non encore publiés.

Le contexte général

Le Nord-ouest du Bassin d'Aquitaine, dans le secteur des Landes de Gascogne et des Landes girondines, est concerné par des accidents structuraux majeurs affectant le soubassement profond de la plaine landaise.

La flexure « celtaquitaine » est une structure très profonde, mi-pli mi-fracture, orientée N.O-S.E du Bassin d'Arcachon jusqu'à la région Toulousaine.

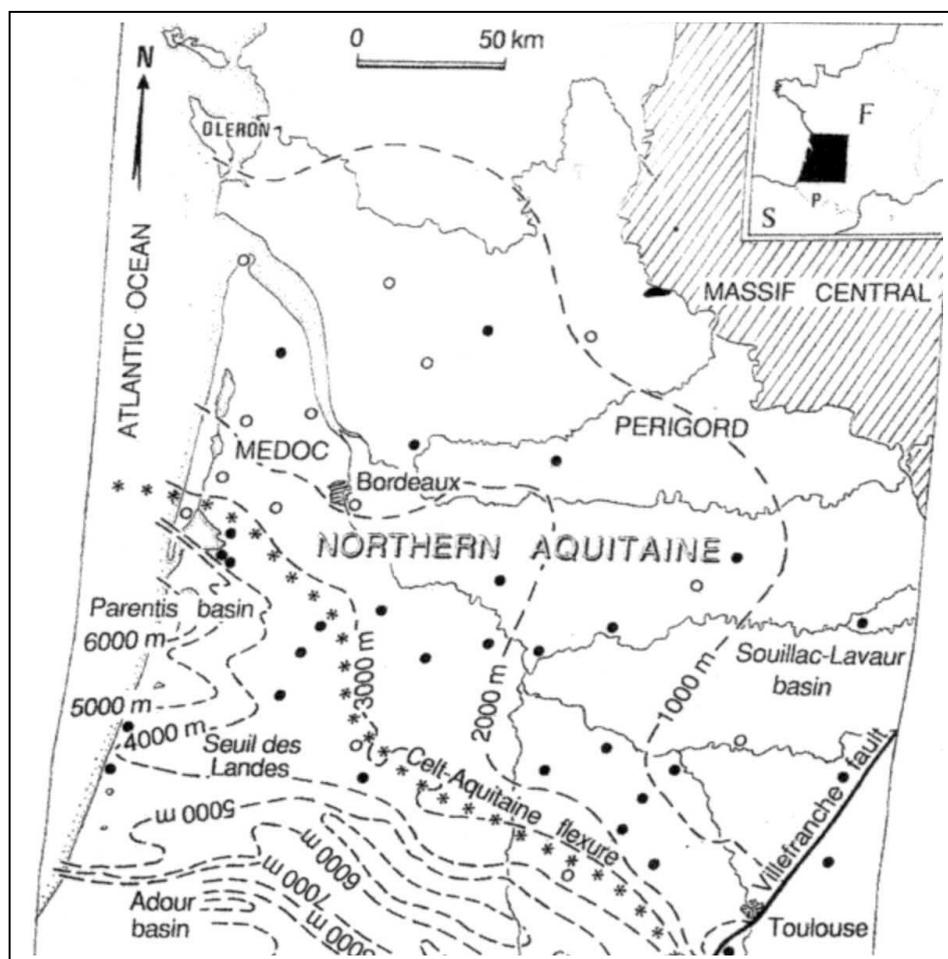
Elle est la prolongation du talus continental tel qu'il se présente entre l'Irlande et le Bassin d'Arcachon. Elle épouse globalement le cours inférieur de la Leyre puis celui de la Petite Leyre jusqu'aux abords de Retjons.



Cet accident majeur sépare une partie septentrionale où les dépôts sédimentaires paléozoïques, (plus de 250 millions d'années), se trouvent entre 1 000 et 2 000 m de profondeur, et une partie méridionale où ces dépôts ne se rencontrent qu'au-delà de 3 000 m de profondeur.

C'est dans cette zone méridionale que se trouvent les bassins sédimentaires et pétroliers de Parentis (6 000 m) et de l'Adour (8 000 m).

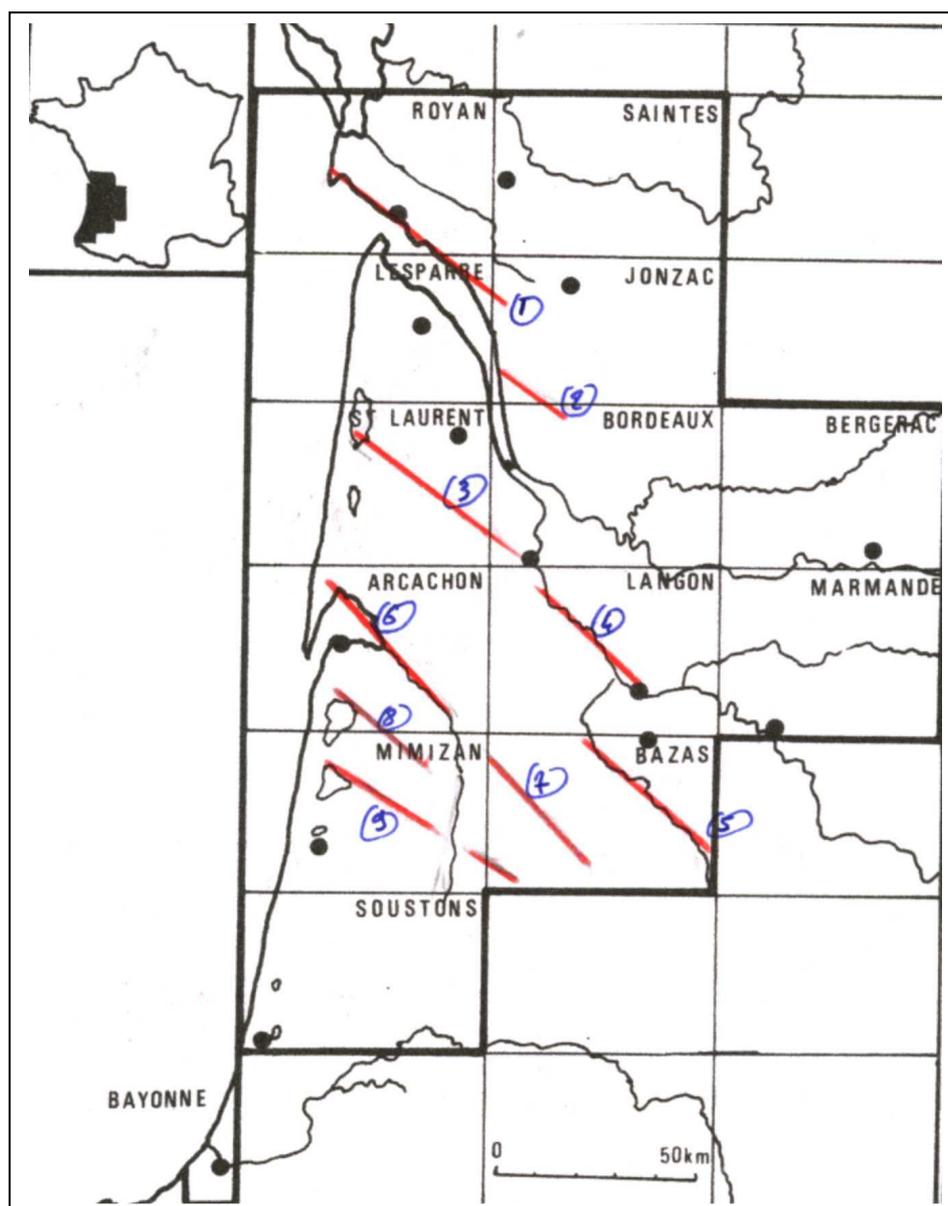
On remarquera immédiatement que le secteur d'interfluvies qu'occupe le camp de Captieux, est situé au droit de cette structure majeure. (cf. Fig. ci-dessous ; BRGM, 1974)



Cet accident est une cicatrice très ancienne due à la dislocation de l'ancien continent unique, la Pangée, dont le morcellement a débuté au Trias, vers 220 MA. Il découle plus particulièrement du coulissement de la plaque ibérique le long de la plaque européenne.

L'accident majeur, la flexure celtaquitaine, est accompagné de nombreuses fractures qui lui sont parallèles mais de moindre ampleur :

- La faille nord de l'Estuaire de la Gironde (1),
- La faille du Blayais (2),
- La faille de Bordeaux (3),
- La faille de la Garonne (4),
- La faille du Ciron (5),
- La faille de la rive nord-ouest du Bassin d'Arcachon et de la basse vallée de la Leyre (6),
- La faille de la Petite Leyre (7),
- La faille de Cazaux (8),
- La faille de Parentis (9).



L'origine de ces accidents, le coulissement relatif des plaques européenne et ibérique, permet de définir le sens des mouvements latéraux. Ces failles sont senestres c'est-à-dire que le compartiment nord se déplace par rapport au compartiment sud, vers la gauche.

L'analyse géomorphologique (formes du relief) et hydromorphologique (réseaux hydrographiques) a permis à R. Prud'homme en 1972, dans le cadre de sa thèse de Doctorat d'Etat, de définir au niveau régional, plusieurs directions d'anomalies et de fractures.

Concernant la région de Captieux, l'analyse des données sur la feuille à 1/100 000 de Bazas, met en évidence de nombreuses directions tectoniques :

➤ Une direction NO-SE :

C'est la direction tectonique principale. Elle correspond au cours de la Petite Leyre et au cours du Ciron (Prud'homme, 1972, Enjalbert, 1960).

Entre ces deux accidents principaux, celui de la Leyre et celui du Ciron, se trouvent de nombreux accidents qui se déduisent :

- Du dessin du réseau hydrographique, des anomalies de drainage ou de la densité du réseau,
- Du décalage de certains niveaux géologiques dans les rares forages réalisés pour la recherche d'eau.

Concernant le décalage des niveaux géologiques, l'analyse des coupes de trois forages, au N-E du Camp, indique un décalage vertical des couches de calcaires aquitaniens avec un affaissement de 18 m vers le Sud-ouest. Les édifices dunaires de Cazalis semblent se caler sur la prolongation de cet accident vers le N-O.

Il est saisissant que cette fracture, mise en évidence en cours de la présente analyse, correspond exactement à la ligne de partage des eaux entre les bassins versants du Ciron et de la Leyre.

➤ Une direction Est-Ouest

Plusieurs anomalies apparaissent qui correspondent :

- Au cours du ruisseau de Naoue, entre Cazalis et la Leyre,
- A la limite rectiligne des bassins versants de la Petite Leyre et de la Midouze ; cette anomalie peut, également, être déduite de l'alignement parfait des zones de plus forte densité des entailles du réseau hydrographique.

➤ Une direction O-N.O – E-S.E,

Elle est déduite de la parfaite rectitude des affluents de la rive droite de la Leyre ; le Peyronnet, principal cours d'eau du Camp, est dans ce cas de figure.

➤ Une direction S-O – N-E

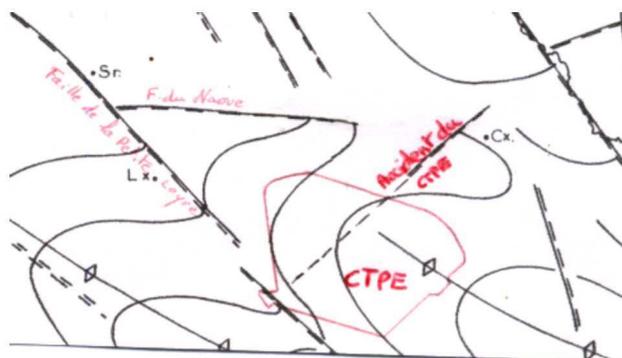
Prud'homme (1972), identifie dans la région de Captieux cette direction, à partir de 4 niveaux d'analyse différents :

- Une anomalie directionnelle du ruisseau de Canchet entre le camp et le bourg de Captieux,
- Au niveau régional, une analyse de la surface-enveloppe des points hauts dégageant une zone de rupture de pente,
- Une analyse, toujours régionale, de la variation de la pente dessinant une zone très allongée correspondant à de fortes valeurs.
- Une analyse de l'accélération de la pente régionale.

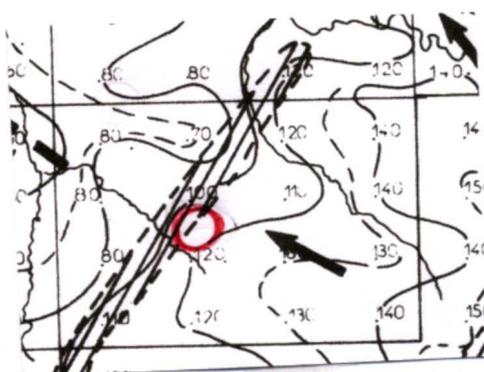
Les signatures géomorphologiques de l'accident du Camp de Captieux

(d'après R. Prud'homme, 1972)

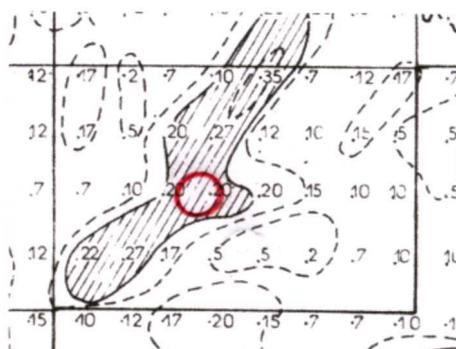
Analyse structurale du réseau hydrographique



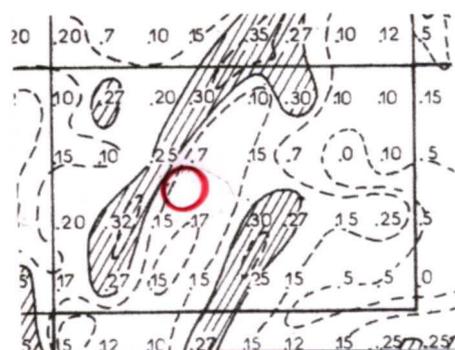
Rupture de pente dans la surface enveloppe des points hauts



Variation de la pente



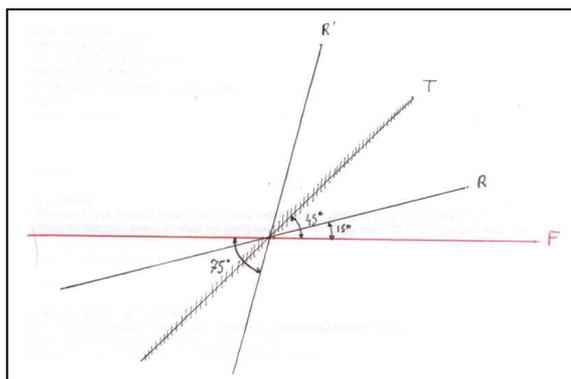
Accélération de la pente



L'étude pédologique effectuée sur le camp, constitue un 5^{ème} niveau d'analyse révélant une discontinuité majeure dans la répartition des sols. Cette discontinuité correspond précisément aux précédentes anomalies S-O – N-E relevées par Prud'homme.

Ces dernières orientations d'accidents mises en évidence sont totalement conformes au modèle expérimental de Riedel (1929).

Ce modèle montre que lorsqu'une roche est soumise à une contrainte en cisaillement, de nouvelles directions de fractures, sécantes à l'axe de la contrainte principale, apparaissent avec des déviations d'angles par rapport à la contrainte principale, de 15° , 45° , et 75° environ.



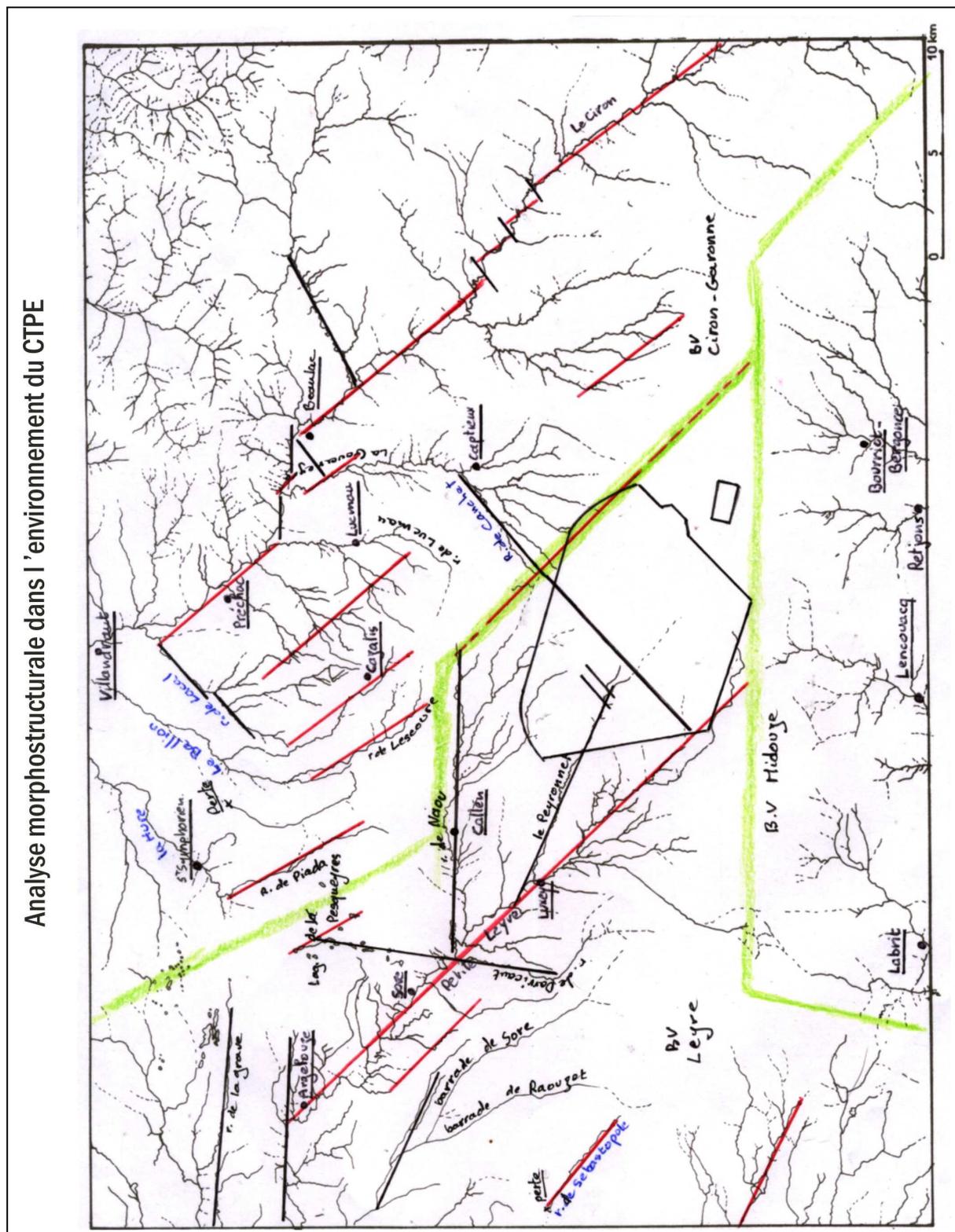
La faille principale « F » est parallèle à celle de la flexure celtaquitaine. Elle est sénestre (le compartiment Nord-Est se déplace vers la gauche, relativement au compartiment Sud-Ouest). C'est la faille de la Leyre, orientée $N135^\circ$, c'est-à-dire que cette direction forme avec le Nord, un angle de 135° en tournant dans le sens horaire.

Les directions des accidents associés sont :

- $T = N90^\circ$ soit $F-45^\circ$: c'est une série de fentes de tension, à laquelle correspond le ruisseau de Naoue. La géométrie de ce ruisseau, sans aucun affluent en rive droite, suggère fortement un affaissement de la rive gauche.
- $R = N120^\circ$ soit $F-15^\circ$. C'est une faille de second ordre dite de Riedel. Elle correspond au cours très linéaire du ruisseau du Peyronnet.
- $R' = N60^\circ$ soit $F-75^\circ$. C'est un ensemble de fractures correspondant à la direction conjuguée de Riedel. Ce sont les accidents de Captieux, Beaulac et du CTPE.

Le réseau d'anomalies tel que l'on peut le décrire dans la région de Captieux est donc très conforme aux modèles expérimentaux. Il place le Camp de Captieux dans une situation tectonique très particulière : celle d'un panneau effondré dans lequel s'inscrit exactement, le bassin amont de la petite Leyre. Ce panneau effondré est en continuité avec la grande anomalie morphostructurale du bassin de la Grande Leyre.

Analyse morphostructurale dans l'environnement du CTPE



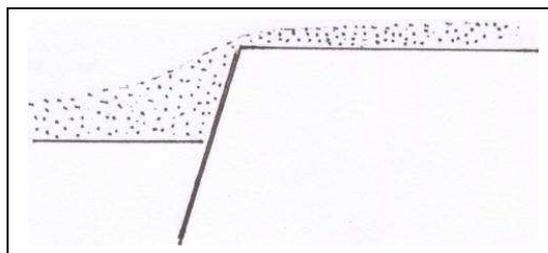
Le CTPE de Captieux est en totalité inclus dans un petit bassin effondré d'une vingtaine de mètres. La forme losangique de ce bassin correspond :

- Au Nord, à la faille E-O du Naou,
- A l'Est, à la faille NO-SE de Cazalis,
- Au Sud, à la limite des bassins versants de la Petite Leyre et de la Midouze, limite probablement faillée à l'aplomb de la flexure celtaquitaine,
- A l'Ouest, à la faille NO – SE de la Petite Leyre (cf figure ci-dessus).

Ce bassin effondré est lui-même scindé en deux blocs, par une anomalie de direction N60° :

- Un bloc SE correspond à un plateau qui n'est drainé par aucun cours d'eau,
- Un bloc NO où prennent naissance tous les affluents de la Petite Leyre.

Cet accident que nous nommerons du Camp de Captieux, correspond à une faille que le Sable des Landes ne parvient pas à masquer en totalité.



Il apparaît que les petites cascades du fossé parallèle au ruisseau de Peyronnet, sont la traduction de décalages des niveaux alliotiques, dus à des jeux d'accidents secondaires parallèles à la faille principale.

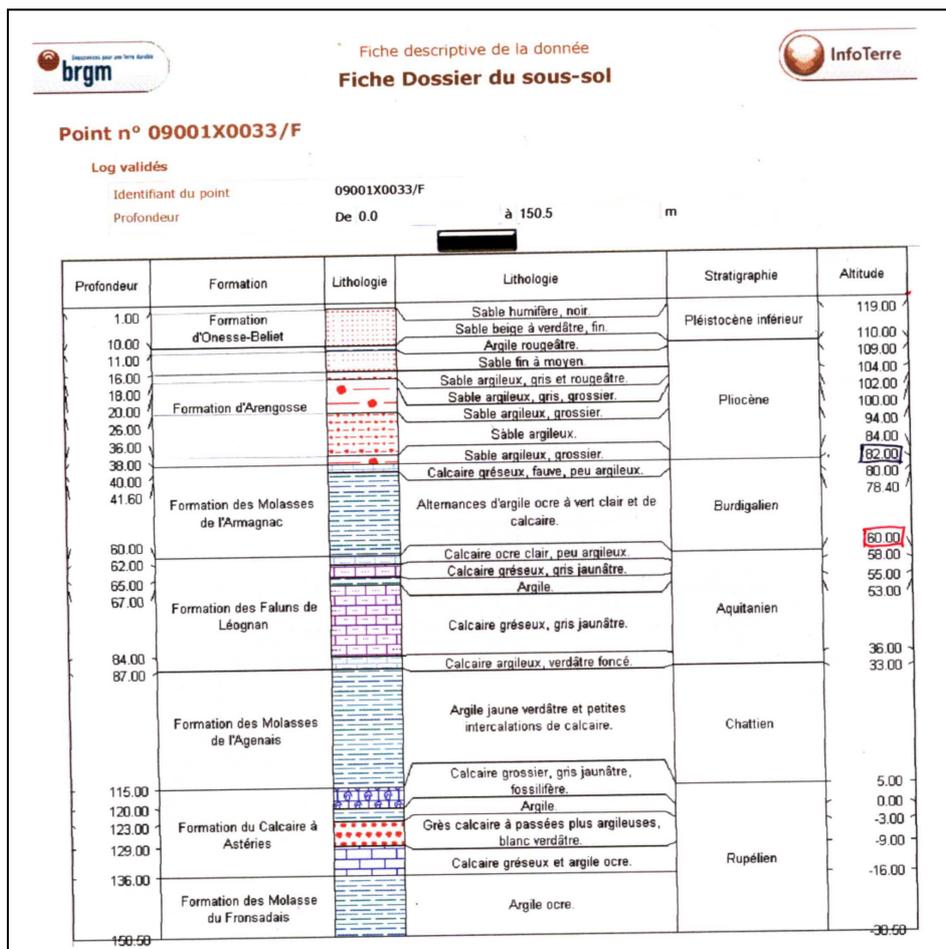
II – Les aspects géologiques et pédologiques régionaux

Dans le bassin du Camp de Captieux, le substratum géologique marno-calcaire est recouvert par les séries détritiques plio-quadernaires.

Le forage n°09001x33 (n°BSS) implanté au Nord-Est du CTPE, montre la présence, au dessus des séries carbonatées du Miocène :

- de la formation d'Arrengosse, sur 28 m d'épaisseur ; elle est constituée de sables argileux, plus ou moins grossiers se terminant par un mètre d'argile ;
- de 9 m d'épaisseur de sables beiges à verdâtres, fins, attribués à la formation dite « d'Onesse ».

Le sable des Landes n'est ici représenté que par 1 m de sables humifères.



Il est à noter, à travers les données de 2 forages proches (09001 x 20 et 09001 x 0019) que la formation d'Arengosse enregistre de très fortes variations de faciès, passant de sables argileux à argiles sableuses ou à sables propres. Ces variations de lithologie sont susceptibles d'influencer les conditions hydrogéologiques de faible profondeur au niveau local.

D'une façon générale, les sols de la Lande sont des PODZOSOLS (Référentiel Pédologique = RP).

La podzolisation est un type de pédogenèse dominée par des processus d'acido-complexolyse, c'est-à-dire :

- Une altération : attaque chimique des minéraux altérables par des solutions de composés organiques acides et complexants ; ceci mène à la formation de complexes organométalliques solubles ;
- Une migration : élimination, en partie sommitale du sol, des cations et formation d'un horizon lessivé (éluvique) noté « E ».
- Une immobilisation : précipitation des complexes organométalliques dans des horizons d'accumulation notés « BP » et situés à la base du sol. C'est l'induration éventuelle de ces niveaux qui forme l'aliolite des landes, c'est-à-dire un grès siliceux à ciment humo-ferrugineux.

Il s'agit là de la définition généralement admise des PODZOSOLS. Les exemples choisis dans la littérature pour en illustrer la pédogenèse, dérivent tous d'altération d'une roche-mère de type granite, gneiss ou grès. Ils aident bien à la compréhension des phénomènes.

Mais les sols des landes, développés à partir d'un sable éolien, posent problème car ne répondant pas à ces conditions initiales. En effet :

- La roche-mère est un sable éolien, constitué, à 99 % en moyenne, de grains quartzeux, presque totalement inaltérables,
- Il ne peut y avoir libération d'ions métalliques à partir de l'altération des grains de sables pour 2 raisons évidentes : ces grains de sables sont constitués de grains de quartz quasiment inaltérables et ils ne contiennent pas d'impuretés métalliques en quantité suffisante.
- Il ne peut donc y avoir ni libération d'ions métalliques, dans les horizons de surface, ni complexification, ni exportation de ces derniers vers la profondeur, sauf à imaginer des apports exotiques tel les « vents de sable » qui apportent de fines poussières depuis l'Afrique du Nord et/ ou l'Espagne, ces apports potentiels expliquant cependant mal les grandes quantités de fer dans les sols landais.

Ainsi la théorie du RP, ne permet-elle pas d'expliquer, à notre sens, la formation des PODZOSOLS de la plaine sableuse landaise. Cela pose plusieurs problèmes :

- La genèse des PODZOSOLS landais n'étant pas comprise, il est difficile de faire la liaison entre podzolisation et zones humides telles que définies, notamment, par l'arrêté ministériel du 1 octobre 2009 prévoyant l'attribution éventuelle du caractère « zone humide » à la seule référence « PODZOSOL humique » du RP. Or, des études comme celle du CTPE de Captieux, montrent clairement que les PODZOSOLS humiques ne sont pas forcément les plus révélateurs d'un état d'humidité élevé des sols.
- La relation génétique entre le niveau de la nappe phréatique et le type de PODZOSOL, est particulièrement difficile si l'on s'en tient au seul Référentiel Pédologique. Cette relation n'y est d'ailleurs pas évoquée avec précision. Or, l'établissement d'une telle relation est bien le sujet principal de cette étude.
- De nombreux secteurs du CTPE et de la plaine landaise en général, présentent des sols qui ne sont pas des PODZOSOLS en sens du RP. Ils ne présentent ni horizon E ni horizon BP. Leur classification est de ce fait très délicate.

Pour cet ensemble de raisons, il est nécessaire d'établir un nouveau scénario de la genèse locale des sols, applicable à la problématique du secteur de Captieux.

Une nouvelle approche plus adaptée de la genèse des PODZOSOLS landais

Ce travail de reconsidération de la formation des podzols landais, emprunte en partie, au travail de J.P. Legros tel qu'il est présenté dans son ouvrage « les Grands Sols du Monde », (2007).

Considérons comme point de départ une tranche de sables des Landes, d'origine éolienne et constituée à 99 % de grain de quartz, minéral résiduel, inaltérable dans des conditions normales. La partie inférieure de cette tranche de sables, est « noyée » par la nappe dite « du Plio-quatenaire ». Cette nappe concerne les formations détritiques (nappes alluviales anciennes de type Arengosse par exemple) et la couverture éolienne.

Plusieurs phénomènes se développent.

➤ En haut du profil :

- Installation sur le sol d'une végétation acidophile et oligophile de type éricacée,
- Production de matière organique surtout ligneuse, riche en carbone,
- L'absence de cations dans le substrat et son enrichissement en composés organiques induisent une forte acidité avec des pH<5 et une absence de développement bactérien,
- La dégradation de la MO est liée presque uniquement à l'action peu efficace des champignons.

Cette MO tend donc à s'accumuler. Il ne se forme pas de composés organiques humiques « doux » mais des composés peu polymérisés de type acides fulviques. Sous l'effet des pluies, ces composés organiques, solubles et complexants, migrent vers la base de la colonne de sables. Il se forme donc, sous l'horizon de surface organique, un horizon sableux où transitent ces composés. Nous le nommerons « Ct ».

➤ En bas de profil :

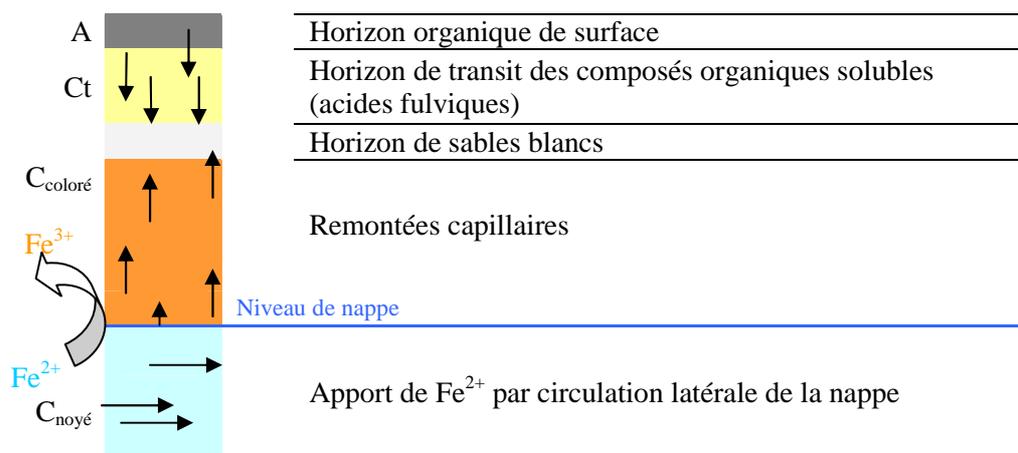
Présence d'une nappe concernant également les alluvions anciennes sous-jacentes (nappe plio-quaternaire), riche en fer solubilisé sous forme d'ions ferreux (Fe^{2+}) dont la concentration peut atteindre 10 mg.l^{-1} ,

Le sommet de cette nappe libre, est en contact avec l'atmosphère. Le fer ferreux peut donc être oxydé et passer de l'état Fe^{2+} à celui de Fe^{3+} . Si la forme ferreuse Fe^{2+} est soluble, la forme ferrique Fe^{3+} ne l'est pas et les Fe^{3+} précipitent sous forme d'hydroxydes et d'oxydes ;

Au dessus de la nappe, se trouve une frange capillaire où l'eau qui s'évapore, est remplacée par celle de la nappe, riche en Fe^{2+} . Il se forme, au niveau de la frange capillaire, un horizon riche en hydroxydes ferriques, et très coloré. Nous appellerons cet horizon « $C_{\text{coloré}}$ ». C'est un horizon d'accumulation « *per ascensum* ».

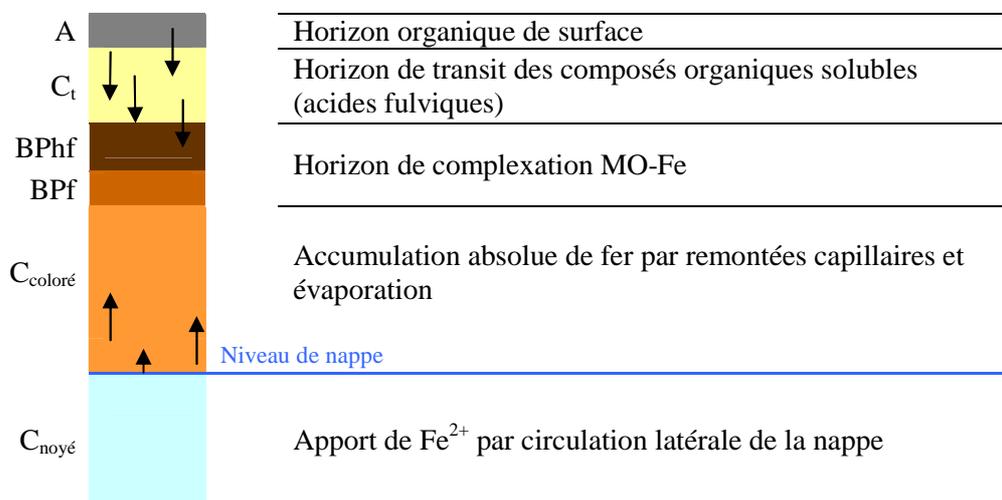
Aussi apparait-il un sol « transitoire » à plusieurs horizons :

- Horizon de surface noir, organique : A ;
- Horizon sableux, de transit des composés organiques : Ct ;
- Horizon de sables non modifiés, blanc ;
- Horizon sableux, humide, coloré en rouge : $C_{\text{coloré}}$;
- Horizon profond, sableux, saturé en eau : C.



Lorsque les composés organiques, solubles qui transitent vers le bas par l'horizon Ct, arrivent au niveau de C_{coloré}, ils se trouvent au contact d'une « soupe » d'ions ferriques très complexants. Il se produit une complexation entre les composés organiques et le fer. C'est la formation d'un horizon d'accumulation noté BP. Cet horizon se différencie en :

- BPh, en haut sous l'influence des apports de composés humiques, brun à noir ;
- BPf, en bas sous l'influence des remontés du fer et de son oxydation, brun-rouge ou orangé.



La zone de formation des horizons BP est particulièrement intéressante : l'existence de ces horizons et leur position dans le profil sont, à la fois, sous la dépendance du niveau de la nappe et de l'intensité de l'infiltration ; comme cette dernière est sous la dépendance des précipitations et du ruissellement, la position des BP traduit le bilan hydrogéologique du sol. L'induration des BP sous forme d'aliôs, se fait lorsque l'horizon est asséché. La base du BP est donc, un bon indicateur du niveau d'étiage de la nappe.

D'une façon générale, la différenciation des PODZOSOLS landais est sous la dépendance directe des mouvements de la nappe phréatique : profondeur, battement, écoulement. Elle est aussi sous la dépendance indirecte de la géomorphologie et des conditions de recharge de cette nappe.

Il convient donc, d'examiner de façon conjointe, les conditions de recharge et de vidange de la nappe et leur influence sur le niveau de l'eau dans le sol.

Remarquons de suite que les conditions hydrodynamiques, la perméabilité notamment, du Sables des Landes sont peu variables à l'échelle d'une petite région. Retenons également que les différences de pluviométrie et d'évapotranspiration, peuvent être négligées à l'échelle d'un terrain comme celui de CTPE.

La vidange de la nappe varie en fonction du gradient hydraulique, c'est-à-dire de la pente de la surface de la nappe. S'agissant d'une nappe libre, le gradient est très peu différent de la pente du sol. Aussi, la morphologie et la topographie font partie des principales causes de formation des PODZOSOLS.

Sur le plateau landais, la morphologie correspond à la juxtaposition de zones de concavité où se développe le réseau hydrographique, et de zones d'interfluves non drainés. Ces zones sont reliées par des secteurs de pentes.

Dans ce qui suit, nous appellerons pluie efficace, P_{eff}, la part des précipitations non évaporée et non transpirée.

Six zones peuvent être définies dans ce contexte général, en fonction d'un bilan hydrogéologique sommaire.

- ➔ Zone I : Plateau en position d'interfluve
 - Pente nulle à très faible,

- Ruissellement négligeable,
- Circulation de nappe très faible à quasiment nulle,
- La totalité de la pluie efficace s'infiltré,
- Le niveau moyen de la nappe est haut,

L'abaissement saisonnier de la nappe est fortement dépendant de l'évapotranspiration.

L'horizon C_t est généralement inexistant car la nappe remonte par capillarité jusqu'à la base de l'horizon A ; L'horizon A repose directement sur l'horizon BP ; L'horizon BP est régulièrement émergé en été et s'indure.

Le profil du sol est celui d'un PODZOSOL humodurique : A/ BP dur/ C.

➤ Zone II : Bordure du plateau

- Pente encore assez faible mais existante,
- Circulation de nappe non nulle ;

Le niveau moyen de la nappe est un peu plus profond et ne baigne plus systématiquement la base du A.

Un horizon Ct est préservé ; L'horizon BP est encore régulièrement exondé.

Le profil du sol est celui d'un PODZOSOL durique : A/ Ct / BPdur /C

➤ Zone III : Haut de pente convexe

- Zone d'accélération de la pente
- La vidange augmente ;

La nappe est profonde et peu battante car régularisée par l'égouttage des zones plus hautes. Les horizons BP sont rarement asséchés et restent tendres.

Le profil du sol est celui d'un PODZOSOL meuble : A/ Ct/ BP tendre/ C

➤ Zone IV : Secteur proche du point d'inflexion où la pente est maximale

La vitesse d'écoulement de la nappe est importante ; il y a transfert des complexes organiques, solubles, vers le bas de la pente.

L'horizon Ct qui se développe est très épais et d'aspect fortement délavé. Il apparaît comme un horizon éluvique E. Il ne se forme pas d'horizon BP.

Le profil du sol est assimilable à celui d'un PODZOSOL éluvique A/ E/ C.

➤ Zone V : Bas de pentes concaves

- Zone de décélération de la pente ;
- La vidange de la nappe est plus faible.

La nappe, alimentée par les hauts de pente, est proche de la surface et baigne de nouveau la base des horizons organiques. Son battement est faible car on a l'effet régulateur de l'égouttage des hauts de pentes.

On n'a pas de développement d'horizon Ct. Les horizons BP sont rarement asséchés et restent meubles.

Le profil du sol est celui d'un PODZOSOL ocrique : A/ BP tendre/ C

➤ Zone VI : aire de développement des axes fluviaux

- La pente devient très faible ;
- Le flux sortant est faible mais le flux entrant est important.

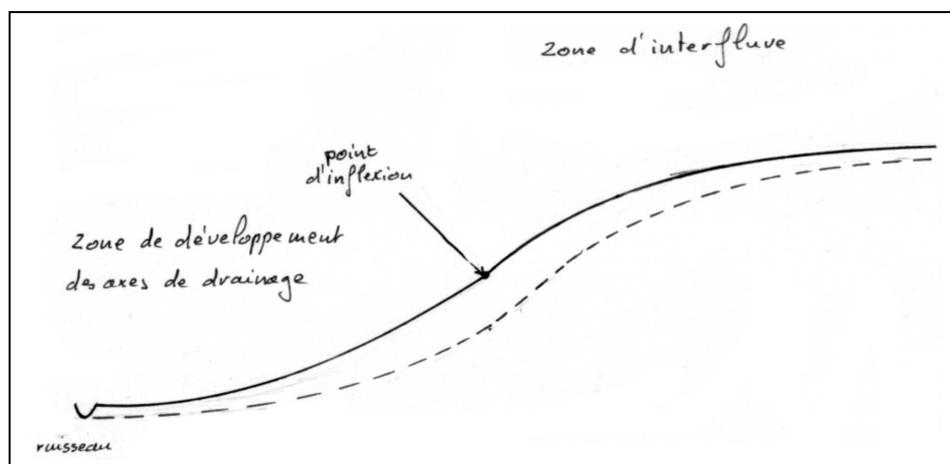
La surface du sol est proche du niveau moyen de la nappe. Ce niveau est directement régulé par les capacités du réseau de drainage lequel est peu encaissé dans la topographie. Les variations de niveau sont donc faibles.

Les concentrations de fer se font en surface dans les horizons A où les caractères propres des horizons BP sont totalement masquées par la MO. La transition entre l'horizon organique de surface et la « roche-mère » C, correspond à un horizon très sableux, en eau la plupart du temps, d'aspect « sale » dû à des MO solubilisées.

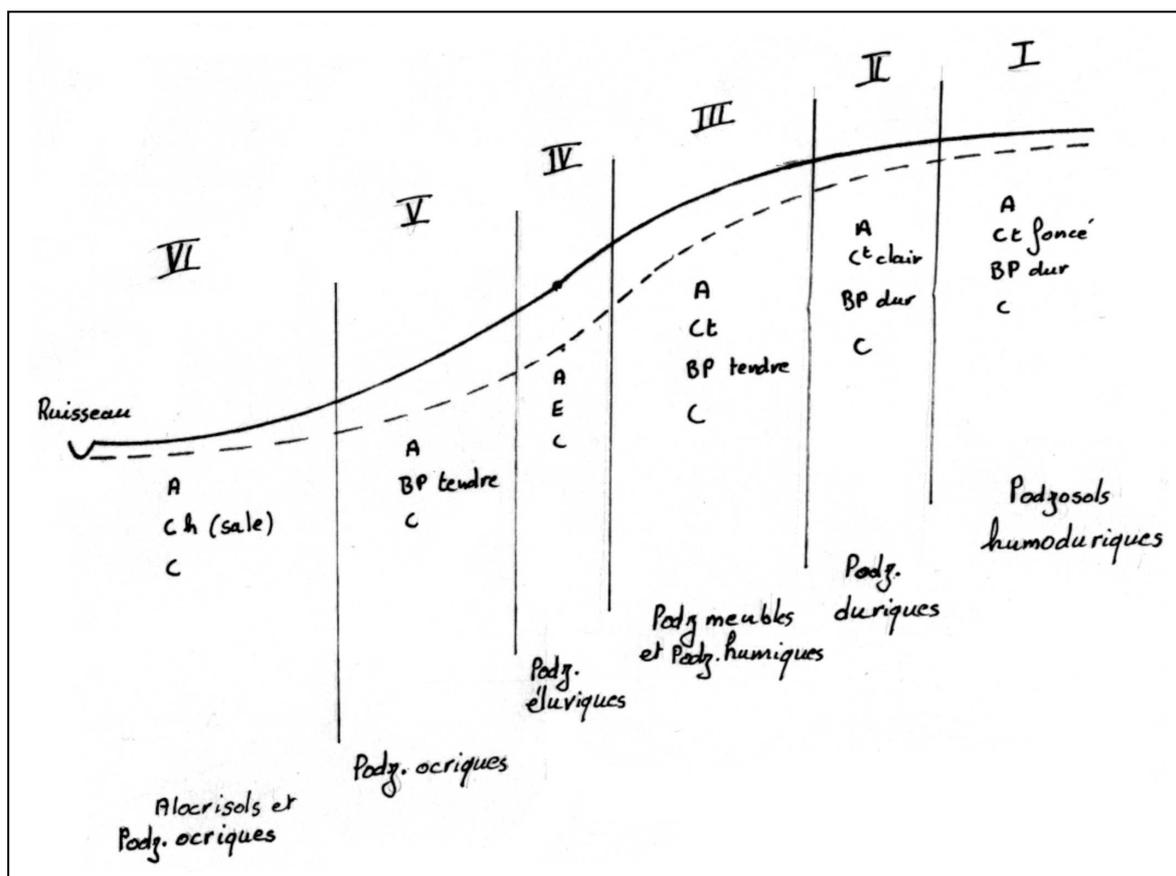
Le profil est celui d'un ALOCRISOL présumé* : A/ Ch/ C

* : La certitude d'appartenance à la classe des ALOCRISOLS du RP impose le recours à des analyses pour la détermination du taux d'aluminium (oxydes d'aluminium non colorés et non discernables à la vue).

Morphologie et niveau de la nappe



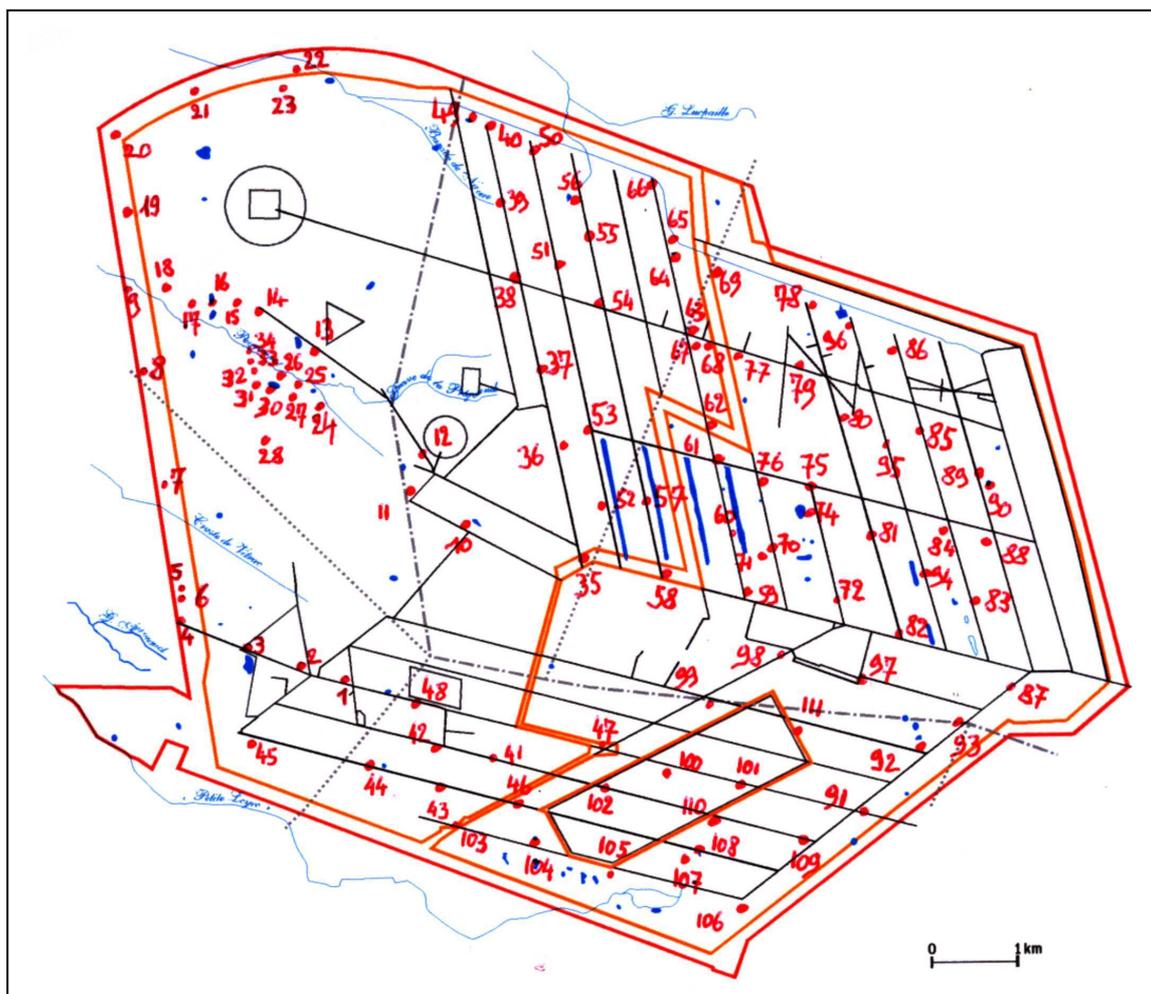
Séquence de sols en fonction de la morphologie de la surface et de la position moyenne de la nappe



LES SOLS DU CTPE DE CAPTIEUX, LEUR RÉPARTITION ET LES IMPLICATIONS HYDROGÉOMORPHOLOGIQUES

En relation avec les éléments théoriques présentés, une cartographie des sols a été réalisée. Cette cartographie découle d'une dizaine de journées de terrain au cours desquelles 111 sondages à la tarière à main ont été réalisés.

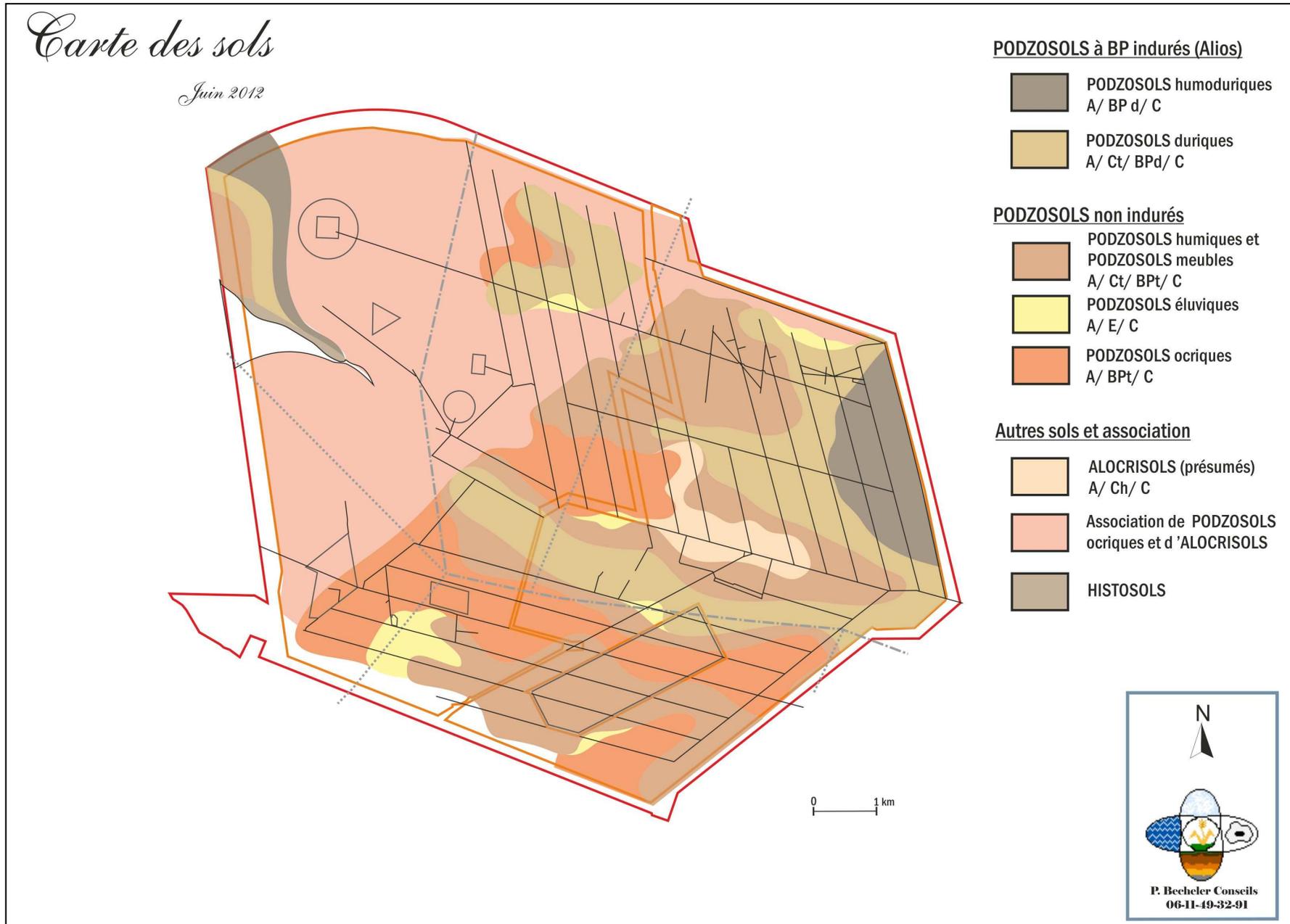
Carte de localisation des tarières



A partir de la cartographie des profils (succession des horizons, épaisseur, dureté ...), 7 types de sols ont été reconnus ainsi qu'une association de sols.

Si la plupart sont des PODZOSOLS (5 références), il a été également, reconnu des sols de type présumé ALOCRISOL ainsi que, dans les dépressions en eau, des HISTOSOLS.

Enfin, il convient de noter pour la moitié nord-ouest du camp, une association de PODZOSOLS ocriques et d'ALOCRISOLS. Ici, la trop faible densité d'information collectée n'a pas permis de séparer ces sols en unités cartographiques distinctes.



I - La répartition des sols

La carte dressée à une échelle d'environ 1/65 000, est conforme aux éléments théoriques de la répartition des sols en fonction de la géomorphologie et en fonction également des données morphostructurales.

Deux domaines dans la répartition des sols, s'individualisent très nettement de part et d'autre d'une ligne droite SO-NE. Cette ligne correspond à l'accident du CTPE et se situe en prolongement de la faille de Captieux.

✂ **Au Nord-ouest**, se trouve un ensemble homogène, topographiquement bas, où se trouve logé le réseau hydrographique : ruisseau de Naou, ruisseau du Peyronnet, craste de Vitrac, Grave d'Arroumet.

Sur la grande majorité de ces surfaces, se rencontre une association de PODZOSOLS ocriques et d'ALOCRISOLS.

Les PODZOSOLS ocriques sont des sols caractéristiques des zones en légère dépression ou de bas de pente, où la nappe est peu battante et assez haute dans le sol. L'horizon d'accumulation est un BP humifère, non induré, sur lequel reposent directement les horizons organiques.

Leur situation dans cette partie basse du Camp n'a donc rien de surprenant. Toutefois, ces PODZOSOLS semblent « noyés » dans une masse sableuse, peu évoluée sur le plan pédologique, pour laquelle peuvent être décrits des ALOCRISOLS. Cette référence correspond à l'ancien concept de « sols bruns acides ». Ils sont développés à partir de matériel sableux, modérément acides. Les horizons organiques de surface traduisent une activité biologique faible, probablement en raison d'une toxicité aluminique. Cette M.O. se minéralise mal et tend à imprégner la partie supérieure du sol sur environ 50 cm. Ponctuellement, cette M.O. tend vers un caractère paratourbeux. Le Référentiel Pédologique (RP) stipule « Cette accumulation organique est probablement liée à une couverture végétale de graminées lors d'un long passé pastoral ». On est donc bien ici, dans le cadre de l'histoire des zones humides des Landes de Gascogne.

Les sables constituant la roche-mère de ces ALOCRISOLS correspondent, selon toute vraisemblance, à des accumulations dans un compartiment tectonique affaissé. De par cette position basse, ils sont largement saturés par les eaux de la nappe et ceci d'autant plus que le réseau naturel de drainage est peu évolué et peu performant.

✂ **Au Sud-est**, se trouve un domaine de plus grande diversité des sols. Ceux-ci sont presque tous de type PODZOSOL. La répartition des diverses unités cartographiques, laisse entrevoir une disposition géomorphologique plus complexe que ne le laisse supposer la topographie représentée trop sommairement sur la carte à 1/ 20 000.

On distingue :

- ✓ Un ensemble de sols à alios (BP dur), plutôt caractéristiques de zones de plateau et de bordure de plateau.
 - Les PODZOSOLS humoduriques présentent des horizons organiques reposant directement sur une dalle aliotique. Ils correspondent à une zone hémicirculaire, localisée dans le secteur Nord-est du camp entre les rues 1 et 3. C'est le plateau d'interfluve.
 - Les PODZOSOLS duriques présentent un horizon plus clair (C transit) entre la dalle aliotique et les niveaux organiques de surface. Ceci découle d'une position de nappe un peu plus profonde. Cette bordure de plateau d'interfluve forme un ensemble de lobes topographiques allongés vers l'Ouest.

Cet ensemble est organisé en longues digitations orientées vers l'Ouest.

- ✓ Des sols caractéristiques d'axes plus humides correspondant aux inters digitations où les PODZOSOLS ocriques et les ALOCRISOLS se développent loin vers l'Est. Ils sont bordés de PODZOSOLS humiques pour lesquels la nappe est plus profonde mais reste à faible battement. Ces inters digitations, correspondent donc à des axes pouvant être :

- Soit des vallées anciennes dont la topographie en creux serait assez douce pour ne pas apparaître sur les cartes topographiques dont les courbes de niveaux sont équidistantes de 2,5 m.
- Soit de chenaux à matériel plus fin, argiles sableuses ou sables argileux, dans les formations d'Arengosse et d'Onesse, sous la couverture sableuse éolienne,
- Soit une combinaison des deux explications.

Cette incertitude devra absolument être tranchée pour aborder dans de bonnes conditions, les analyses sectorielles à venir.

A cet effet, il conviendra d'effectuer, préalablement à toute autre analyse, des relevés altimétriques précis de ces secteurs ainsi qu'une reconnaissance géologique des formations situées immédiatement sous les sables de couverture.

II - Implications hydrogéologiques et géomorphologiques

La répartition des sols confirme largement l'hypothèse d'un accident profond, de type faille, séparant le CTPE, en deux suivant une direction SO – NE dans le prolongement de l'accident de Captieux. Cet accident définit deux ensembles très différents sur le plan du fonctionnement hydrogéologique :

A l'ouest, une nappe superficielle, peu battante, dans un contexte probable de sables épaissis par colluvionnement et/ ou par sédimentation éolienne en amont du plan de faille. L'écoulement de la nappe du Plio-quadernaire est certainement régulier vers le N-O.

Les ruisseaux n'interceptent que peu cet écoulement de nappe en raison de leur orientation. Le Peyronnet, axe principal de drainage, est, de plus, largement « encombré » de tourbe. Son rôle, dans le drainage naturel, est donc limité. Le fossé artificiel qui le double sur le côté nord, présente des caractéristiques géométriques (largeur, profondeur, linéarité) telles que son débit peut être très élevé. Fin mars 2012, ce débit a été évalué, sommairement, entre 70 et 100 l.s⁻¹, alors que la lame d'eau n'était que de 20 ou 30 cm en moyenne. En période de crue, il est clair que ce fossé peut présenter des débits de plusieurs centaines de litres par seconde.

A l'Est, la répartition des sols est indicatrice d'un comportement de nappe plus complexe, correspondant à la frange de raccordement du vaste interfluve Garonne-Leyre avec le bassin hydrologique de la Leyre.

Lors de la prospection des sols, en avril 2012, les niveaux de la nappe ont été relevés pour la grande majorité des sondages. Une carte bathymétrique de la nappe a été dressée. Il n'est pas possible d'établir une carte piézométrique issue de la comparaison entre les cartes bathymétrique et topographique. Le degré de précision de la carte bathymétrique n'est pas compatible avec celui de la carte topographique. En effet, la marge d'incertitude autour d'un point coté de la carte topographique est de +/- 0,50 m alors que la définition de la carte bathymétrique est de 0,25 m.

Les seuls documents qui puissent être discutés pour l'instant sont la carte pédologique et la carte bathymétrique.

Entre ces deux documents, des éléments de concordances apparaissent ainsi que des éléments assez fortement discordants.

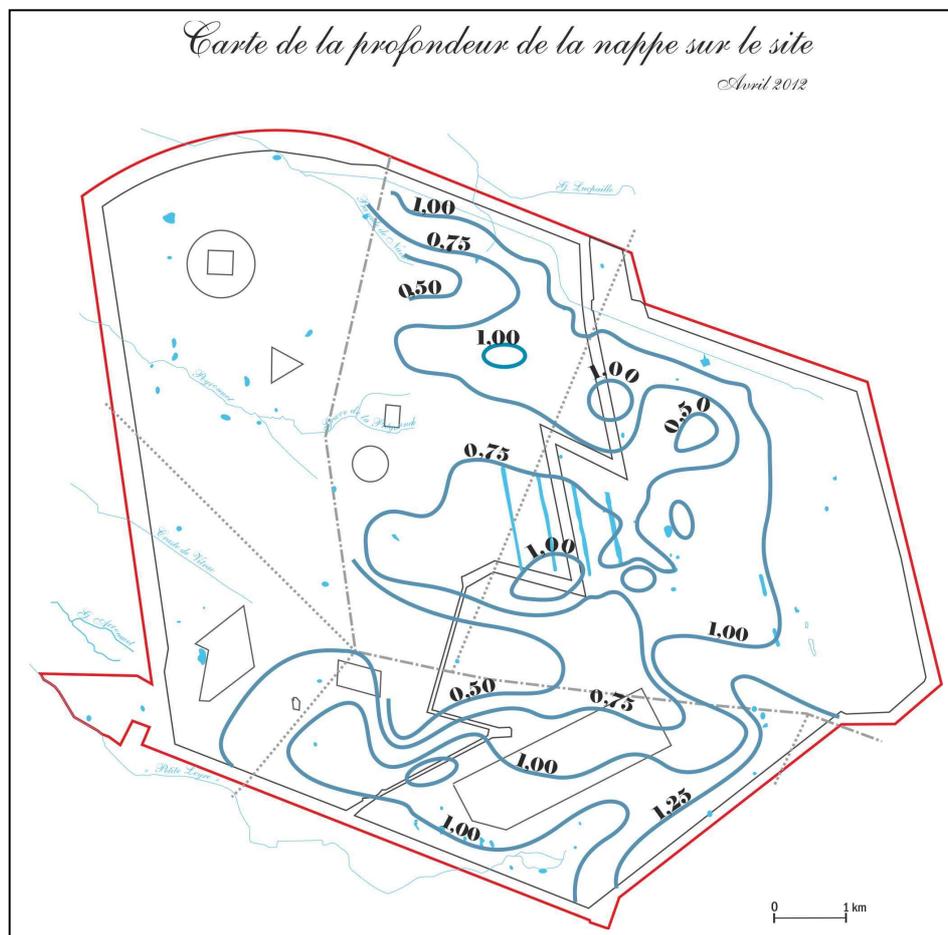
Les éléments concordants sont :

- A l'ouest, la conjonction « parfaite » entre l'aire de répartition des ALOCRISOLS et les zones de faible bathymétrie,
- Au sud, la très nette conjonction entre les sols caractéristiques des pentes et les secteurs de forte bathymétrie.

Les éléments discordants se développent quant à eux, de plus en plus nettement vers le Nord et l'Est jusqu'à obtenir une totale discordance entre les zones « creuses pédologiques » et les zones de faible bathymétrie.

Nous ne connaissons pas les raisons de cette dérive :

- Incertitude trop élevée du dessin des courbes isobathes,
- Modifications récentes et anthropiques du fonctionnement hydrique,
- Conséquence des modifications morphologiques lors du jeu de la faille du CTPE,
- Conjugaison de l'ensemble des points précédents ?



Cette carte met en évidence, des modifications sensibles de la piézométrie par rapport aux conditions initiales de la formation des sols :

Au sud du camp, le dessin des courbes isobathes de la nappe est, globalement, conforme à la carte des sols, avec deux axes « humides », parallèles à la limite communale Captieux-Retjons et à la clôture sud du CTPE, aux approches de la vallée topographique de la Petite Leyre.

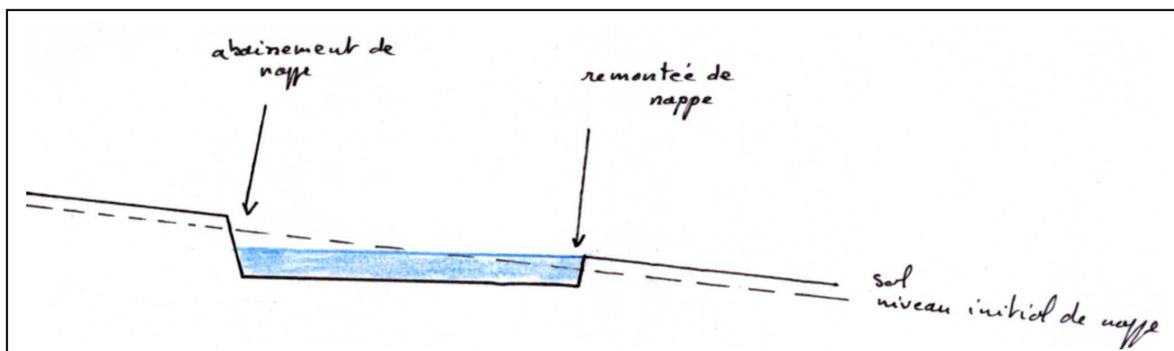
On note toutefois, pour le premier de ces axes, un net décalage vers le Nord par rapport à ce que permet de prévoir la carte des sols. On a peut-être là, un phénomène de recharge de la nappe par les fossés de bordure de la RN14 qui récupèreraient les eaux en amont et s'écouleraient mal en aval.

Dans la partie médiane, les 4 emprunts de sables effectués entre les rues 6 et 10 ont une forte influence par effet de « basculement de nappe ». Ce basculement est accentué par un extrême allongement des emprunts dans le sens S-N, c'est-à-dire dans le sens d'écoulement de la nappe.

Ce phénomène de basculement correspond à la substitution du plan incliné de la nappe souterraine par un plan d'eau parfaitement horizontal quand la nappe est mise à l'air libre.

Ce phénomène se traduit par un drainage en amont de la nappe et par une remontée de nappe en aval. Ceci explique le décalage vers le Nord des zones humides par rapport aux prévisions de la carte des sols.

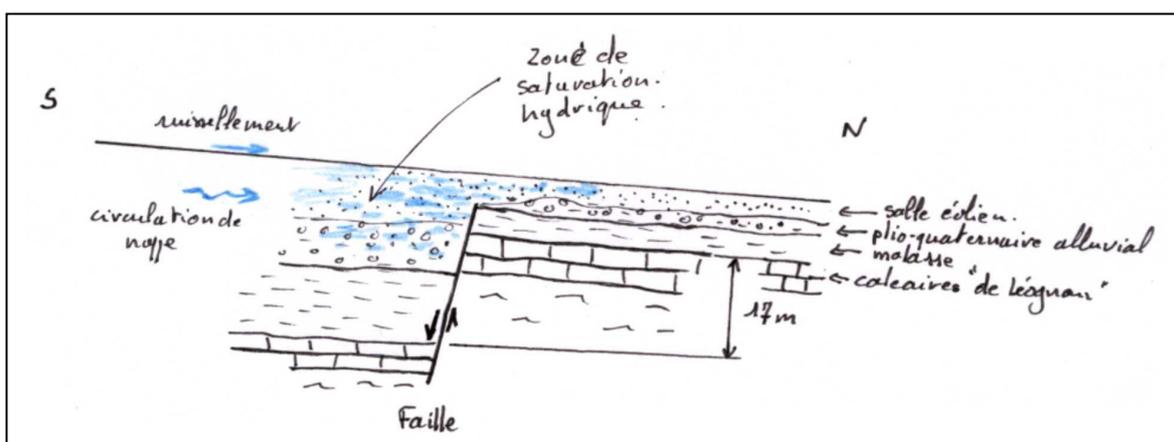
Phénomène de basculement de nappe par création d'un plan d'eau



Au Nord, se développe une immense zone drainée non conforme aux données pédologiques et morphologiques, en relation avec le « canal Nord ». Cette zone a une largeur de plusieurs centaines de mètres. Elle se prolonge vers l'intérieur du camp par de nombreux axes secondaires.

Il est donc limpide à ce stade de l'analyse que le canal Nord a des conséquences majeures sur l'assèchement des sols. Ce canal a, manifestement, été conçu afin d'assécher une zone très « mouillée » se trouvant au pied du regard de la faille dont la lèvre supérieure constitue la limite du Bassin Versant du Ciron.

Blocage des flux hydriques au droit de la faille de Cazalis



Les dimensions du canal sont telles que cet objectif a largement été dépassé. Tout le nord-est du camp jusqu'à la rue 4, présente des sols dont la nappe s'est largement effondrée dans la zone du plateau d'interfluve.

RECONSTITUTION DU FONCTIONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE NATUREL

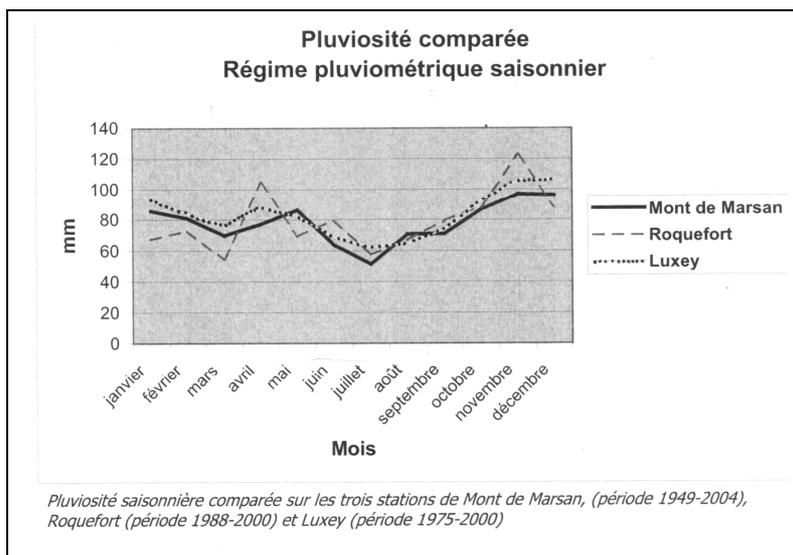
L'approche du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique est chose difficile en raison du manque de données piézométriques précises. Toutefois l'acquisition des données pédologiques, tectoniques et géomorphologiques permet une approche très générale du problème, destinée plus à poser quelques bases de raisonnement et à décrire sommairement le cycle de l'eau sur le camp. Le but recherché dans ce chapitre est la définition le battement et la profondeur de la nappe dans les deux unités géomorphologiques principales du camp.

I - Climatologie

Ce chapitre a été écrit à partir des données de synthèse établies par l'ONF dans la région incluant les stations météo de Mont-de-Marsan, Roquefort, Sarbazan et Luxey (Etude préalable à la réalisation des Documents d'Objectifs – version février 2007). De ces documents, ressortent les principaux éléments climatiques dans l'environnement du CTPE :

Régime pluviométrique

La moyenne de précipitation annuelle a été arrêtée à 970 mm, proche de celle de Luxey : le tableau suivant illustre la répartition mensuelle de ces précipitations.



Températures :

La température moyenne annuelle sur le CTPE, est comprise entre 13 °C et 13,3°C. La répartition mensuelle moyenne correspond, semble-t-il, à celle de la station de Roquefort.

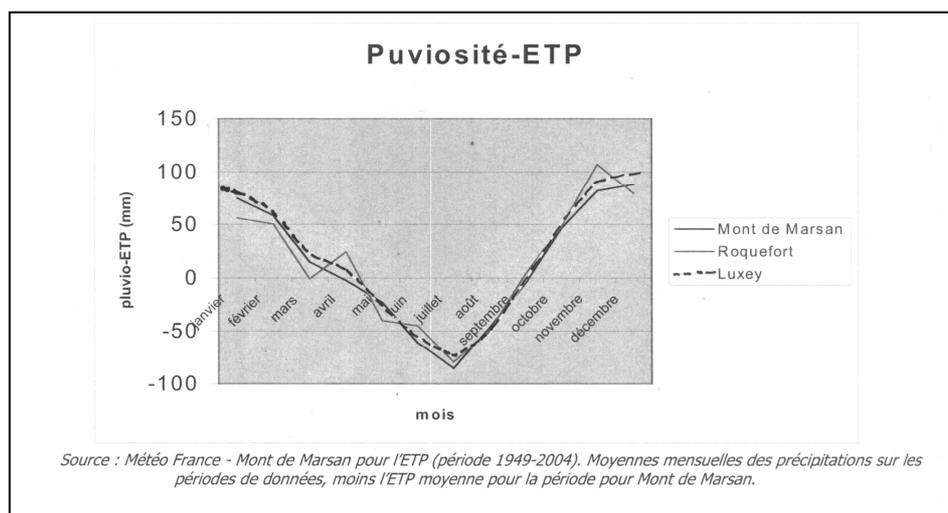
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	année
Mont de Marsan	5,8	6,9	9,5	11,6	15,3	18,5	20,7	20,7	18,0	14,0	9,0	6,5	13,0
Roquefort	6,0	7,3	9,9	11,5	16,6	18,6	21,1	21,5	17,7	13,8	9,2	6,7	13,3
Luxey	7,0	7,6	9,7	11,3	16,0	17,8	20,3	20,7	17,3	13,9	9,8	7,7	13,3

Bilan pluviométrique et pluie efficace

La pluie efficace correspond en hydrologie, à la part de la pluie non évaporée et non transpirée, qui permet :

- L'alimentation des ruisseaux par ruissellement immédiat en surface et/ou par ruissellement retardé dans le sol,
- L'alimentation des nappes par infiltration et drainance.

Ce bilan correspond à la répartition sur l'année des valeurs P – ETP à la station de Luxey.



II - Les données hydrogéologiques

La compréhension du fonctionnement hydrogéologique d'une aire géographique impose, outre la connaissance des données climatiques, une approche de la répartition de l'eau une fois celle-ci tombée sur le sol.

La lame d'eau efficace (P – ETP) se répartit entre ruissellement et infiltration. Pour qu'il y ait ruissellement, il faut que l'intensité de la pluie soit supérieure à la valeur de l'infiltration. De multiples mesures réalisées sur le sable des Landes, montrent un coefficient de perméabilité de :

- $K_{surf} \approx 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$
- $K_{prof} \approx 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$

Le ruissellement se déclenche, sur un sol non saturé par une nappe affleurante, quand l'intensité de la pluie est supérieure à 10^{-5} m.s^{-1} , soit 36 mm.h^{-1} .

- Si la lame d'eau précipitée correspond à une pluie de durée 1h, les statistiques météo indiquent que l'on est dans le cadre d'une récurrence d'environ 100 ans.
- Si la lame d'eau correspond à 18 mm, tombés sur ½ h, on est dans le cadre d'une récurrence de 5 ans.
- Si la lame d'eau est de 9 mm tombés en ¼ h, on est dans le cadre d'une récurrence annuelle.

L'épisode pluvieux pouvant, de façon fréquente, provoquer le ruissellement, est donc de type pluie orageuse, très violente mais de courte durée. Ces pluies d'orage sont généralement, très localisées et ne couvrent que quelques dizaines d'hectares. Le ruissellement par dépassement des capacités d'infiltration dans le sol (ruissellement dit hortonien) est donc un phénomène que l'on peut négliger à l'échelle des 10 000 ha de Captieux.

Le ruissellement peut également se déclencher lorsqu'une pluie se produit sur un sol saturé par une nappe affleurante, en limite extrême de débordement (ruissellement dit hewletien). Pour juger de l'importance de ce dernier phénomène, il est nécessaire d'examiner les conditions de la recharge de la nappe du Sable des Landes.

Le niveau de la nappe dans le sol et ses variations dans le temps, dépendent de plusieurs paramètres :

- ✓ Niveau de la nappe choisi en référence : Nous avons vu, au chapitre Pédologie, que la partie est du Camp, comporte des sols à alios et que la formation de ces alios, notamment leur induration, correspondait à une nappe dont l'étiage se situe vers 1 m de profondeur. Ceci permet de fixer le niveau de nappe de référence à - 1,0 m / sol, fin septembre.

Pour la partie ouest du camp, les caractéristiques des ALOCRISOLS indiquent un niveau de référence à -0,5 m pour la même période.

- ✓ La porosité intergranulaire du sable des Landes : Cette porosité est arrêtée à 20 %, en moyenne. Ceci fait qu'un apport d'eau absolu dans le sol de 1 cm, se traduit par une élévation du plan de la nappe d'eau de 5 cm.

- ✓ Conditions de recharge de la nappe : Ces conditions dépendent du bilan entre flux de réalimentation et flux de vidange de la nappe.

Le flux de réalimentation correspond, sur le bassin versant amont, c'est-à-dire sur la zone d'interfluve non drainée du bassin versant de la Petite Leyre, à l'infiltration de la totalité de la pluie efficace jusqu'au débordement de la nappe. Mesuré sur une carte à 1/ 250 000, le bassin versant amont a une surface de 105 km² soit 1,05 x 10⁸ m².

Le volume de réalimentation mensuel moyen sera donc le produit de la pluie efficace moyenne par la surface concernée.

Le flux de vidange de la nappe peut être évalué par l'application de la formule de Darcy :

$$Q = K \times S_e \times i$$

Où :

Q : débit de la nappe

K : coefficient de perméabilité

S_e : surface à travers laquelle se fait le flux d'eau

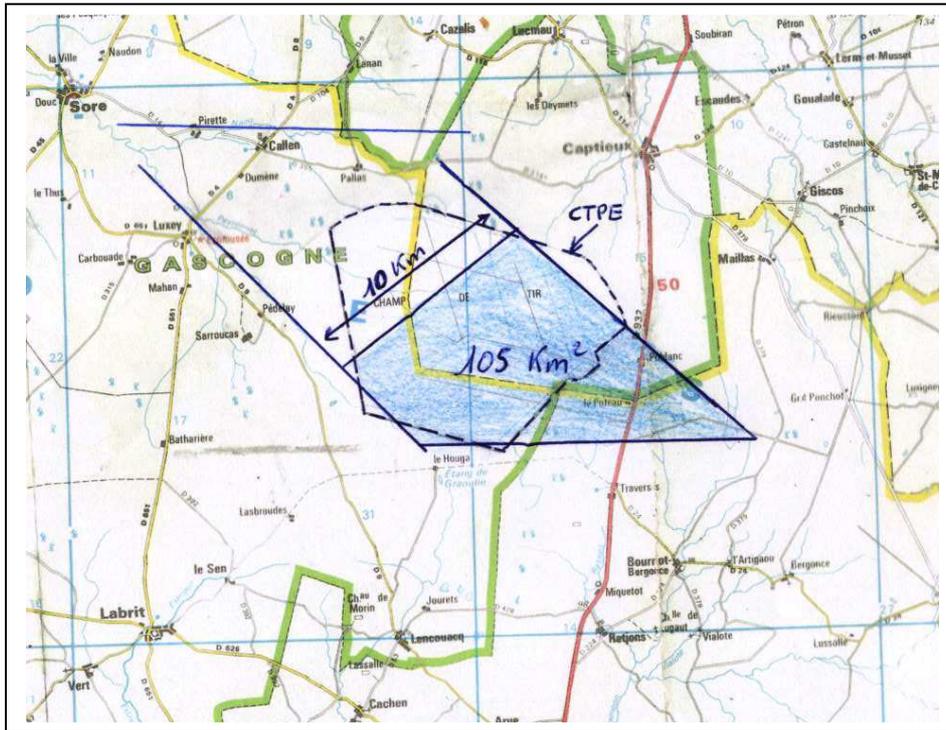
i : pente « motrice » de la nappe, c'est-à-dire son gradient.

Il convient donc d'effectuer une approche des valeurs i, S, K.

- i : correspond à peu près, à la pente topographique. On est, en effet, dans le cadre d'une nappe du Plioquaternaire libre, c'est-à-dire non limitée vers le haut par un imperméable. On arrêtera ici :

$$i = 2,5 \times 10^{-3}$$

- S_e : Il s'agit de la surface verticale, à travers laquelle se vidange la nappe. Le bassin versant de la Petite Leyre correspond à un petit bassin d'effondrement (cf. analyse morphotectonique) limité par la faille de Cazalis, la faille de la Petite Leyre, la faille du Naou, la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Leyre et celui de la Midouze. Le CTPE occupe toute la largeur de ce bassin versant soit 10 km entre la faille de la Leyre et celle de Cazalis.



Sur cette largeur, le sous-sol du camp est constitué par les formations détritiques alluviales plioquaternaires. L'étude de 6 sondages dans l'environnement du camp, montre que l'épaisseur cumulée des faciès perméables du Plioquaternaire est, en moyenne, d'une vingtaine de mètres, avec une assez faible variabilité. Aussi la surface d'écoulement de la nappe du Plioquaternaire au droit du CTPE, est évaluée à :

$$S_e = 2 \times 10^5 \text{ m}^2$$

- **K** : coefficient de perméabilité de la nappe du Plioquaternaire, situé dans la fourchette de 10^{-4} à $5 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$.

Ceci oblige à prendre une méthode empirique pour caler précisément la valeur de K.

Le principe est de cumuler le déficit ou l'excédent hydrique avec la vidange de la nappe, pour calculer l'influence sur le niveau de la nappe superficielle. Le niveau de référence de la nappe est de -1,0m pour la partie est du camp et -0,5 m pour la partie ouest, à l'étiage de fin septembre.

L'alimentation de la nappe se fait exclusivement par les pluies dont la répartition sur l'année est bien arrêtée. On applique diverses valeurs de K, autour de 10^{-4} , et on obtient différents cycles annuels de variations de la nappe.

- Si le coefficient K est trop élevé, on assiste à une dérive négative du niveau de nappe au cours des années (le niveau d'étiage s'abaisse rapidement en dessous du niveau d'étiage reconnu, le plan aliotique).
- Si K est trop faible, la dérive est positive et le niveau du plan d'eau augmente à chaque étiage.

La valeur K que nous avons arrêtée est celle qui permet un retour annuel de l'étiage, au niveau de référence soit 1 m sous la surface du sol, pour la partie est, et 0,5 m pour la partie ouest.

Nous avons dégagé, ici, une valeur :

$$K = 2,4 \times 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$$

Ce qui correspond à une valeur de transmissivité de la nappe de :

$$T = K \times S_e = 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$$

On se situe donc dans un secteur de forte transmissivité de la nappe du Plioquaternaire laquelle varie, régionalement, dans cette formation, de 1.10^{-3} à $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$

Ceci suggère l'existence de chenaux grossiers, d'orientation Est-Ouest dans les formations des anciennes nappes alluviales.

Tableau de calcul de la variation du niveau de la nappe

La partie haute du camp

Les valeurs K , S_e , i , ont été arrêtées. Elles permettent de calculer un volume de vidange mensuel de la nappe du Plioquaternaire de $311\,040\text{ m}^3$ pour un débit de $0,12\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Répartis sur la surface amont du bassin versant ($1,05 \times 10^8\text{ m}^2$), ce volume représente une lame d'eau équivalente de 3 mm perdue. Cette lame d'eau doit être déduite de la lame d'eau que constitue la Peff. Compte-tenu de la porosité du sable des landes (20%), ce résultat se traduit par une variation du niveau de la nappe 5 fois plus importante.

Période	Lame d'eau éq. au bilan hydrique (P – ETP, mm)	Lame d'eau éq. à la vidange nappe (mm)	Cumul (mm)	Variation nappe (mm)	Niveau nappe/sol (mm)	Ruissellement par débordement (mm)
Fin sept.	-	-	-	-	- 1 000	
Oct.	+ 25	- 3	+ 22	+ 110	- 890	
Nov.	+ 70	- 3	+ 67	+ 335	- 55	
Déc.	+ 100	- 3	+ 97	+ 485	- 70	
Jan.	+ 80	- 3	+ 77	+ 385	0	+ 66
Fév.	+ 70	- 3	+ 67	+ 335	0	+ 70
Mar.	+ 40	- 3	+ 37	+ 185	0	+ 40
Avr.	+ 15	- 3	+ 12	+ 60	0	+ 15
Mai	- 10	- 3	- 13	- 65	- 65	
Jun.	- 40	- 3	- 43	- 215	- 280	
Juil.	- 60	- 3	- 63	- 315	- 595	
Août	- 70	- 3	- 73	- 365	- 960	
Sept.	- 20	- 3	- 23	- 115	- 1 075	

De ce calcul concernant la partie haute, au sud-est du camp, il convient de retenir :

- Un niveau naturel de la nappe variant entre 0 et 1m de profondeur,
- Une période de crue pendant laquelle la nappe déborde la surface du sol, entre janvier et fin avril ; cela représente une lame d'eau cumulée de 205 mm,
- Un effondrement de la nappe, très fort, durant le mois d'août,

La partie basse du camp

L'étude des sols indique qu'à l'étiage de fin septembre, le niveau de la nappe se situe approximativement vers 0,5 m/ sol.

Le débit intra nappe reste inchangé. Le débit de ruissellement hewlettien (débordement de la nappe) lorsqu'il se produit, est la somme du ruissellement généré sur l'amont et la partie est du camp, et du débit dû à la part de la pluie sur place n'ayant pu s'infiltrer. Ce volume total sera évacué en partie par le réseau hydrographique. L'autre partie s'accumule à la surface du sol.

Le coefficient de partage entre la lame d'eau gagnant sans délai le réseau hydrographique et celle restant à la surface du sol, constitue pour la partie basse du camp, la variable d'ajustement permettant au cycle annuel moyen de se « boucler » correctement. Si la part drainée est surévaluée, le niveau d'étiage calculé se situe en fin de cycle, en dessous du niveau moyen normal. Inversement, si cette part est sous évaluée, le niveau calculé sera supérieur au niveau normal.

Dans le calcul mis en œuvre, on arrive à un niveau correct de fin de cycle (écart de $\approx 4\%$) pour une part de 75 % de la lame d'eau débordante, drainée sans délai vers les ruisseaux.

Période	Lame d'eau éq. au bilan hydrique (P – ETP, mm)	Lame d'eau éq. à la vidange nappe (mm)	Lame d'eau eq. ruisslmt BV amont (mm)	Cumul (mm)	Variation nappe (mm)	Niveau nappe/sol (mm) Hypt 75 %	Ruissellement par débordement (mm)
Fin sept.	-	-	-			- 500	-
Oct.	+ 25	- 3	0	+ 22	+ 110,00	- 390	0
Nov.	+ 70	- 3	0	+ 67	+335,00	- 55	0
Déc.	+ 100	- 3	0	+ 97	+ 55,00	+ 21,5	64,5
Jan.	+ 80	- 3	76	+ 153	+ 38,25	+ 59,75	114,75
Fév.	+ 70	- 3	67	+ 134	+ 33,50	+ 93,25	100,5
Mar.	+ 40	- 3	38	+ 75	+ 18,75	+ 112	56,25
Avr.	+ 15	- 3	14	+ 26	+ 6,50	+ 118,5	19,5
Mai	- 10	- 3	0	- 13	- 13,00	+ 105,5	0
Jun.	- 40	- 3	0	- 43	- 43,00	+ 62,5	0
Juil.	- 60	- 3	0	- 63	- 63,00	- 2,5	0
Août	- 70	- 3	0	- 73	- 365,00	- 367,5	0
Sept.	- 20	- 3	0	- 23	- 115,00	- 482,5	0

Hypothèse 75 % : 75 % de la lame d'eau excèdent la capacité de stockage et d'évacuation par le sol est évacuée sans délai vers le réseau hydrographique.

Dans le tableau de calcul, on remarque que le ruissellement vers le réseau hydrographique s'arrête alors que la lame d'eau recouvrant le sol est encore de plus de 100 mm (au mois de mars). Cela pourrait constituer une apparente aberration mais plusieurs éléments viennent expliquer ce phénomène :

- La surface du sol n'est pas une surface en pente douce parfaitement réglée. La topographie est constituée d'une succession de rides positives et de creux « inter dunaires ». L'eau s'accumule préférentiellement dans ces creux.
- Les chiffres du tableau indiquent une simple moyenne d'épaisseur de la lame d'eau et non une vérité « détaillée ».
- Même dans l'hypothèse où la surface du sol serait parfaitement réglée, l'analyse porte sur des surfaces immenses dont la rugosité, extrêmement élevée, est un frein puissant à l'écoulement de l'eau.
- L'eau possède une viscosité qui n'est pas intégrée dans nos calculs. Cette viscosité fait qu'une lame d'eau d'une épaisseur non nulle, peut se maintenir « en équilibre » sur une surface plane.

La dernière colonne du tableau indique pour chaque mois, la moyenne de la lame d'eau écoulee vers les ruisseaux. En intégrant les surfaces de bassin versant concerné sur le camp, il est possible de calculer les débits moyens, mensuels, naturels, de chacun des cours d'eau.

L'analyse de la carte topographique à 1/ 20 000 permet de constater que les seuls bassins versants du CTPE suffisamment développés en zone basse du camp, sont ceux du Peyronnet, 56 km², et du Naou, 8 km².

La lame d'eau ruisselée génère donc des débits naturels tels qu'indiqués dans le tableau suivant :

Période	BV du Peyronnet (m ³ .s ⁻¹)	BV du Naou (m ³ .s ⁻¹)
Déc.	1,4	0,2
Jan.	2,5	0,36
Fév.	2,2	0,31
Mar.	1,2	0,17
Avr.	0,42	0,07

Il s'agit de débits de crue liés aux précipitations hivernales qui viennent se surimposer au débit de base des ruisseaux.

En dehors de mesures sur place, il est difficile (et quelque peu hasardeux) de faire une estimation calculatoire théorique de ces débits de base. Cette difficulté est également accrue par le fait que le cours initial du Peyronnet, le principal exutoire du camp, a été totalement détourné.

On ne retrouve sur le terrain que de courts tronçons de ce ruisseau lequel avait, manifestement, déjà été rectifié avant son détournement. Seule la partie la plus en aval sur le camp, présente un profil, une sinuosité et un reste de ripisylve permettant d'imaginer ce qu'il pouvait être.

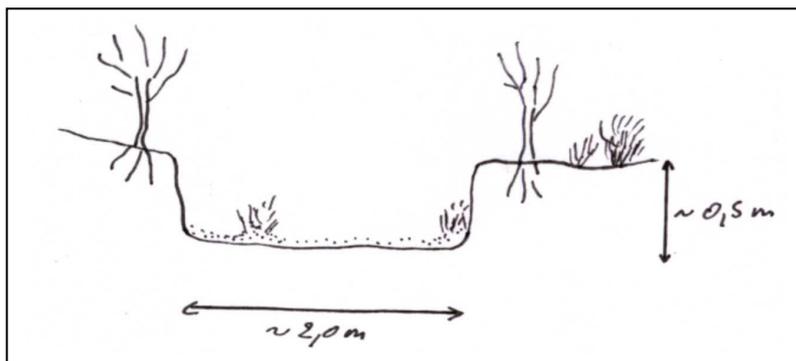
Reliquat du Peyronnet en partie aval



Reste de ripisylve sur le Peyronnet
Au niveau du gué sur le pare-feu
Périphérique



De ces observations, il a été déduit les dimensions théoriques du lit vif.



Deux cas extrêmes sont étudiés :

$h = 0,5$ m, le ruisseau est plein à ras bord,

$h = 0,1$ m, le ruisseau est au minimum.

où h : lame d'eau

La pente du cours d'eau est, du fait de la sinuosité de ce dernier, inférieure à la pente topographique maximale, et estimée à 2‰ soit $i = 0,002$.

La formule classique de Darcy et Bazin permet de calculer la vitesse du courant :

$$V^2 = (R \times i) / b$$

Où : R = rayon hydraulique et $b = 0,0004 \times (1 + 1,25 / R)$

On peut donc suivant les deux cas extrêmes envisagés, calculer le débit théorique de base :

Cas 1 : le ruisseau est plein à ras bord

tirant d'eau : $h = 0,5$ m

section mouillée : $S = 1$ m²

Périmètre mouillé : $P = 3$ m

Rayon hydraulique : $R = S \times P^{-1} = 0,33$ m

$$V^2 = (R \times i) / b \quad V^2 = 0,33$$

d'où $V = 0,57$ m.s⁻¹, ce qui implique un débit : $Q = S \times U = 0,57$ m³.s⁻¹ \approx 600 l.s⁻¹

Cas 2 : le ruisseau est au minimum

tirant d'eau : $h = 0,1$ m

section mouillée : $S = 0,2$ m²

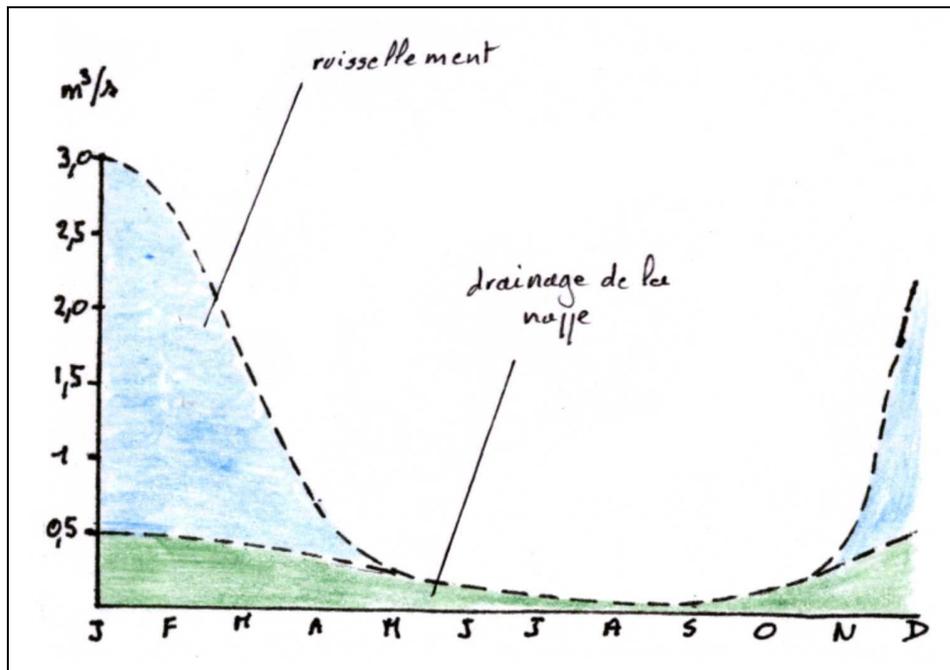
Périmètre mouillé : $P = 2,2$ m

Rayon hydraulique : $R = S \times P^{-1} = 0,09$ m

$$V^2 = (R \times i) / b \quad V^2 = 0,03$$

d'où $V = 0,17$ m.s⁻¹, ce qui implique un débit : $Q = S \times U = 0,034$ m³.s⁻¹ \approx 34 l.s⁻¹

Evolution des débits en sortie du BV du Peyronnet sur le CTPE



Implications environnementales de la reconstitution du régime hydrique du Peyronnet

Même si elle reste très théorique, la reconstitution du fonctionnement hydrique « normal » du Peyronnet, permet de déduire ce que devait être l'environnement du ruisseau avant les grands aménagements du XIX^{ème}. Un débit de pointe de l'ordre de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ lors de la crue hivernale ne pouvait en aucun cas se faire par transit de l'eau dans le seul vif du ruisseau. Il convient donc d'imaginer un lit majeur très large, constituant une très grande aire d'étalement des eaux.

Compte-tenu du contexte morphologique, pédologique et climatique, cette zone d'étalement des eaux était probablement une vaste zone de tourbières ponctuée de zones plus hautes, boisées. Les plans d'eau principaux étaient reliés entre eux par des chenaux de crues, divagants et très instables en raison de leur encombrements par une végétation de bryophytes hygrophiles de type sphaigne. Au sein de cette zone très humide et régulièrement submergée, l'axe principal du Peyronnet formait probablement de nombreux méandres.

Toute proportion gardée, la région du Pantanal, au Brésil, correspond bien à l'image que nous nous faisons de l'hydrologie initiale des abords du Peyronnet. (*Photos extraites du Net*)



La carte des sols dressée dans le cadre de cette étude, même si elle a permis de reconnaître des sols tourbeux (HISTOSOLS) associés au réseau mal hiérarchisé du Peyronnet, reste bien trop sommaire pour rendre compte de la complexité de ce système.

Il conviendrait, à notre sens, de préciser la cartographie des sols associés à ce réseau avant d'en envisager un début de restauration.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'étude a porté sur l'ensemble du Centre de Tir et Polygone d'Essai du camp de Captieux. Son objectif était de poser les bases de raisonnement général permettant de :

- Mieux comprendre le fonctionnement hydrogéologique général du camp,
- De définir les modalités d'étude plus précises portant sur des secteurs réduits, représentatifs de l'ensemble du CTPE.

La mise en perspective des aspect géomorphologiques, géologiques, pédologiques et climatiques, a permis l'acquisition de nombreux résultats et de données pour certaines inédites.

☞ L'étude géomorphologique de l'environnement large du camp et l'analyse des réseaux hydrographiques, a mis en lumière l'existence de failles profondes se manifestant en surface en dépit de la couverture sableuse éolienne, et influençant la répartition des sols.

Ce système de failles délimite un bassin versant amont de la Petite Leyre de type panneau effondré, totalement comblé par les sables éoliens. Cette disposition implique des différences sensibles entre le bassin versant réel (hydrogéologique) et le bassin versant apparent (topographique).

Le CTPE s'inscrit en totalité dans le bassin versant hydrogéologique de la Petite Leyre dont il occupe exactement toute la largeur.

☞ Sur le plan géologique, l'analyse des données de sondages dans l'environnement du camp, a permis de définir les caractéristiques hydrodynamiques principales de l'aquifère du Plio-quaternaire.

☞ L'étude pédologique a amené à proposer une explication pédogénétique, différente de celles proposées dans la littérature spécialisée, et mieux adaptée à la problématique des PODZOSOLS des sables éoliens des Landes de Gascogne. Cette hypothèse pédogénétique permet notamment d'établir un lien « exploitable » entre la répartition des divers types de podzols et les conditions hydrodynamiques liées à la nappe d'eau du sol (profondeur et battement). Elle permet surtout de définir le niveau d'étiage de la nappe lors de la formation des divers podzols et donc de disposer d'un niveau de nappe de référence.

A partir de l'ensemble de ces résultats, l'étude a mené :

- A une reconstitution du fonctionnement hydrogéologique du CTPE tel qu'il se présentait avant toute modification d'origine anthropique. Pour les deux principaux ensembles de sols du CTPE, il est proposé un tableau d'évolution mensuelle normale de la profondeur du plan d'eau du sol, calée sur le niveau de référence imposé par la pédologie. Il s'agit de niveaux mensuels, moyens de nappe, établis en relation avec les relevés météorologiques (moyennes établies sur 50 ans).
- A une reconstitution du fonctionnement hydrique du Peyronnet, antérieurement aux perturbations anthropiques, ainsi qu'à une évocation sommaire des milieux humides associés.

Des études plus précises et ponctuelles peuvent suivre la présente analyse afin d'évaluer plus précisément l'ampleur d'une éventuelle dégradation des conditions de gisement de l'eau sur le camp.

Nous proposons :

- La pose de 2 ou 3 piézomètres pour chaque type de sol avec un nivellement précis. Le suivi mensuel des niveaux de nappe, pourra alors être comparé aux relevés de la pluie efficace ainsi qu'aux courbes de variation normale établies sur le modèle proposé ici. L'analyse des écarts observés et de leur signification statistique, permettra de lever les doutes quant à la dégradation des conditions hydrogéologiques.

- Concernant le Peyronnet, il est évident que les conditions d'écoulement ont été immensément perturbées et que cela a eu des conséquences majeures sur l'environnement floristique et faunistique ainsi que sur les habitats.

Si une remédiation écologique apparaissait possible sur le plan administratif et réalisable techniquement (zone de tirs air-sol), il est incontestable que des études de faisabilité devront être entreprises. Parmi celles-ci, une étude pédologique sectorielle à haute définition devra être réalisée préalablement à toute autre chose.
