



BECHELER CONSEILS
Géologie – Pédologie
Conseils et Etudes
Protection et Valorisation des Terres

Programme départemental

de préservation des lagunes des Landes

Etude géologique, géomorphologique, pédologique et hydrogéologique de l'essaim des lagunes de Losse



Partenariat technique et financier:

Commune de Losse,
 Conseil Général des Landes,
 Agence de l'Eau Adour-Garonne,
 Fédération de chasse des Landes,
 Centre régional de la Propriété Forestière,
 Office National des Forêts

Février 2014

PROGRAMME DÉPARTEMENTAL

DE PRÉServation DES LAGUNES DES LANDES

Commune de Losse

**Etude
géologique, géomorphologique, pédologique et hydrogéologique de
l'essaim des lagunes de Losse**

Introduction

La commune de Losse et la communauté de communes se sont engagées avec le Département, dans une démarche de préservation du système des lagunes de la Haute Lande.

Plusieurs éléments justifient ce souci de protection :

- Les lagunes sont des éléments essentiels de la biodiversité : diversité spécifique pour divers groupes floristiques et faunistiques et diversité d'habitats.
- Les lagunes jouent un rôle hydrologique et hydrogéologique important : En raison de leur position classique sur les principaux interfluves, elles stockent de l'eau en hiver et ne la restituent que progressivement au réseau hydrographique. Elles limitent les crues et soutiennent les étiages. En stockant les eaux de pluie durant une longue période, elles « donnent du temps » à l'infiltration et favorisent ainsi l'alimentation des nappes d'eau souterraines.

Mais les lagunes sont un système très sensible, évoluant rapidement, en particulier sous l'influence anthropique. L'assainissement des Landes de Gascogne au XIX^e siècle, fut suivi par la sylviculture, prolongé, par endroit, par l'agriculture, et, aujourd'hui, par des usages non agricoles. Cette succession d'utilisations a modifié les conditions hydrologiques et hydrogéologiques au point de faire disparaître nombre de lagunes.

Leur taux de disparition, supérieur à 50 % au cours du XX^e siècle, devient encore plus alarmant aujourd'hui. En 2011, 28 % des lagunes recensées en 1994 dans le département des Landes, s'étaient asséchées ou avaient disparu (GEREA, 1994 ; CG 40, 2011).

Ce taux d'extinction des lagunes ne peut être seulement imputé à l'évolution naturelle de leur fermeture par le développement de fourrés boisés lequel est un processus très lent. Il faut considérer une accélération de l'abaissement des nappes phréatiques et, pour enrayer cette tendance, envisager des actions de préservations adéquates.

Que peuvent être ces actions ? Quelle sera leur efficacité ? Quels en seront les impacts sur l'agriculture, la sylviculture, la chasse ? Et sur la vie quotidienne dans la Haute Lande ?

Le but de cette étude n'est pas de répondre, totalement, à cet ensemble de questions mais d'apporter des éléments de connaissance pouvant y aider.

Définir, pour le système des lagunes de Losse, les conditions « de gisement » de l'eau, est l'objectif central de cette étude : il serait, bien sûr, totalement vain d'entreprendre sur le plan de la restauration et de la préservation, quoi que ce soit sans cela.

Aborder une réflexion sur le thème des conditions de gisement de quelques lagunes landaises, c'est entrer obligatoirement et de plein pied dans une immense problématique régionale.

Les problèmes qui se posent sont d'ordres divers :

- Géologique, liés à la nature du sous-sol landais, difficilement, et souvent indirectement, accessible en raison d'une couverture sableuse, éolienne, plus ou moins épaisse mais quasiment continue ;
- Hydrologique, liés à l'inadaptation du réseau hydrographique à la pente régionale.
- Géomorphologique, liés à la compréhension des formes du relief. Ces formes sont en relation avec les aspects :
 - Climatiques anciens ou actuels,
 - Lithologiques par l'influence de la nature des assises sédimentaires,
 - Structuraux liés à l'influence en surface des phénomènes tectoniques ;
- Pédologiques : si les sols landais sont « la boîte noire » de leurs conditions de genèse et d'évolution, a-t-on, et jusqu'à quel point, les moyens de lecture et de traduction de l'information contenue ?

Ce sont là autant de thèmes qui occupent une partie de la communauté scientifique depuis très longtemps. Excepté le constat qu'accéder à la géologie du substratum du manteau sableux, est toujours fastidieux, peu de ces thèmes font l'unanimité. Les publications de travaux et les colloques ont beau se succéder, nous sommes encore loin de disposer de toutes les clefs nécessaires à la compréhension des spécificités du réseau hydrographique landais dont les lagunes sont un élément majeur.

Prenons quelques exemples.

➤ L'origine morphogénétique des lagunes.

Trois hypothèses ont pu être avancées au cours des recherches :

- Origine karstique, liée à des dépressions en relation avec des phénomènes de dissolution des roches calcaires du sous-sol ;
- Origine climatique, en période très sèche, thèse selon laquelle les lagunes occuperaient des creux de déflation éolienne ;
- Origine périglaciaire, en période très froide, thèse selon laquelle des lentilles de glace dans le sol (pingos) auraient, en fondant, laissé la place à des dépressions +/- circulaires.

Chacune de ces thèses a ses défenseurs et ses détracteurs, même si la tendance actuelle est de favoriser l'hypothèse des pingos, et d'orienter les recherches en ce sens.

➤ Permettons-nous, ici, de formuler un avis sur la question :

Pourquoi toutes les lagunes des Landes de Gascogne, auraient-elles une même origine morphogénétique ? Ne peut-on imaginer que certaines soient d'une origine et d'autres d'une origine différente ?

Notre expérience, bien que réduite en la matière, nous mène à penser qu'en différents lieux, il peut y avoir des origines morphogénétiques différentes.

- En 2010, dans le cadre d'une expertise judiciaire, nous avons montré que le système des lagunes de l'axe Villagrains-Landiras, dans le sud des landes girondines, était d'origine tectono-karstique.
- Dans le cadre du présent dossier, notre analyse montre que des signatures de phénomènes de déflation et de corrosion coïncident avec le principal ensemble de lagunes de Losse.

Nous n'excluons pas, pour autant, l'hypothèse des pingos car pour qu'il y ait pingos (des hydrolaccolithes pour les géologues), deux conditions doivent être réunies : la présence d'eau dans le sol et le sous-sol, et des températures assez basses pour faire geler cette eau. Faire appel aux actions éoliennes violentes, déflation et corrosion, ou envisager des signatures karstiques, n'interdit pas que, plus tard dans l'histoire géologique, il y ait pu avoir de l'eau dans le sol et qu'il ait pu faire assez froid pour qu'elle gèle.

On peut donc envisager une origine polygénétique pour les lagunes.

➤ Les problèmes pédologiques.

La pédologie, c'est-à-dire l'étude des sols (terme pris à son sens strict, celui du volume de roche initiale transformée par les actions biologiques, géochimiques, climatiques...) peut être d'une aide majeure pour comprendre ce qu'étaient les conditions environnementales au moment où les sols se sont formés. Encore faut-il que les scientifiques s'accordent suffisamment sur l'interprétation, en ce sens, des profils des sols landais.

La théorie générale la plus couramment admise pour la genèse des PODZOSOLS,(sols dominants de la plaine landaise) est celle présentée dans le Référentiel Pédologique Français (Baize et Girard, 1995 et 2008). Elle est, sur de nombreux points, contestée par certains pédologues dont Legros (2007). De plus, à notre sens, les différentes voies explicatives retenues par ces auteurs, ne résolvent pas les difficultés locales.

Le problème essentiel est le suivant :

Dans la formation des PODZOSOLS, la dynamique du fer joue un rôle primordial. C'est dans cette dynamique du fer que réside, à notre sens, le problème majeur dans la compréhension de la genèse des PODZOSOLS landais.

En effet, dans le cas des landes de Gascogne, la couverture sableuse, éolienne est constituée à plus de 99 % de grains de quartz et de quartzite, lesquels sont quasiment inaltérables et ne contiennent pas assez de fer pour expliquer la formation, dans les sols, d'horizons riches en fer comme les niveaux aliotiques.

L'origine du fer dans les sols landais, doit donc être recherchée ailleurs que dans « la roche-mère », ce que ne suggèrent pas les théories en cours.

Notons ici, que bien avant nous, Enjalbert (1960) posait le problème de la genèse des podzols landais et de l'aliots en ces termes : « *On ne conçoit guère que le lessivage partiel d'une couche de 30 cm de sables ayant 0,3 % de fer, puisse donner 80 cm d'aliots ayant 4 % de fer* ».

54 ans plus tard, on n'a guère avancé en la matière !

Nous-mêmes avons dû, lors de l'étude du Camp de Captieux (2012), émettre des hypothèses de travail qui, en plus de celles de la théorie classique et de celle de Legros, donnaient une grande influence à une nappe phréatique riche en fer et venant proche de la surface. En cela, nous nous rapprochons de la pensée d'Enjalbert.

➤ L'influence de la tectonique

Ce problème se pose de façon récurrente dès lors que l'on aborde le chapitre de l'hydrologie landaise. Il ne semble, en effet, pas possible d'expliquer les caractéristiques générales du réseau hydrographique landais sans faire intervenir la tectonique.

Dans la plupart des études et travaux concernant l'organisation du réseau hydrographique landais (dont font partie les lagunes), cet aspect du problème est rarement évoqué et plus rarement encore développé. Nous devrons donc y revenir.

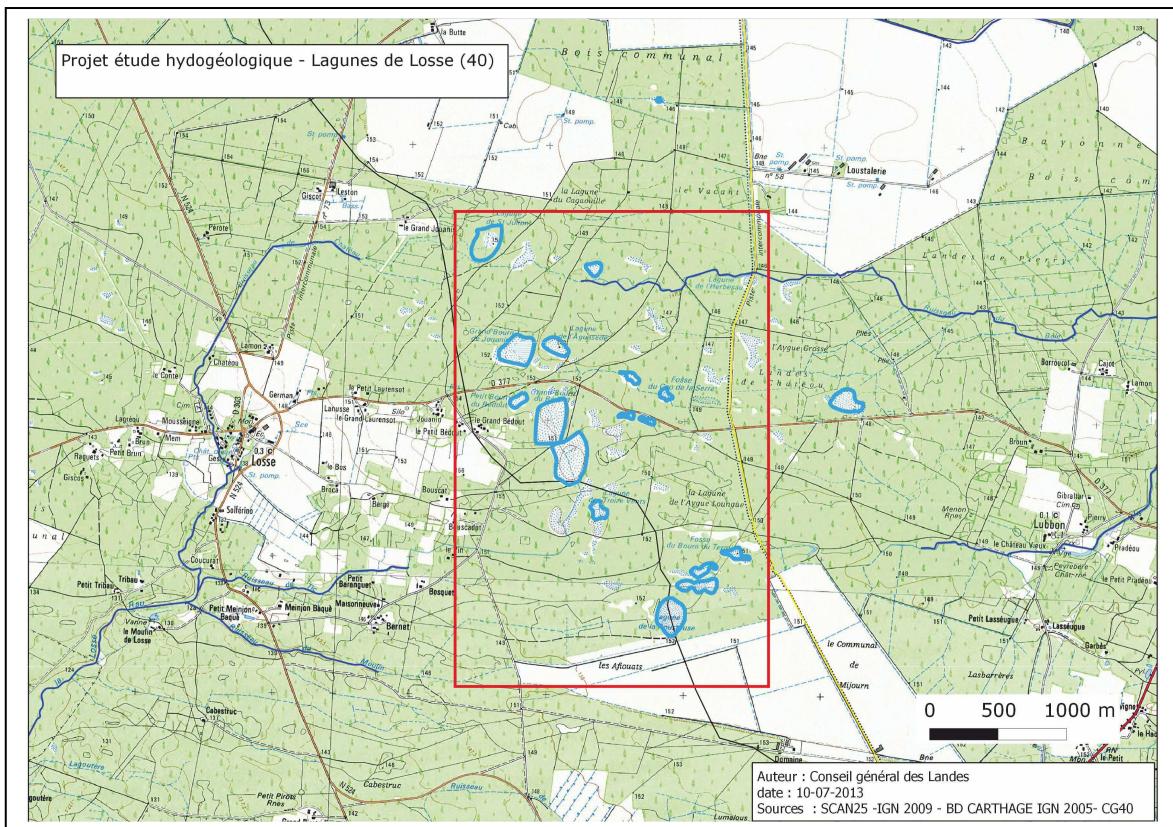
Aussi, que ce soit sur l'aspect de l'origine des lagunes, sur celui des podzols landais ou de l'influence de la tectonique, « l'homme de terrain » à qui l'on pose une question simple se trouve, de prime abord, fort dépourvu.

Il n'a d'autre solution que de consacrer une part de son temps à des recherches fondamentales. Il y trouve, parfois, quelques outils qu'il pourra utiliser de façon pratique.

Outre « la fabrication de ces « outils », cette recherche personnelle peut aussi l'aider à trouver un certain confort, s'il peut montrer que les hypothèses qu'il émet, s'insèrent convenablement et complètent le canevas des connaissances que d'autres ont élaborées avant lui.

Mêler du « fondamental » et du « pratique » dans une étude régionale pose des problèmes méthodologiques, tant dans la démarche que dans l'exposé des faits. Nous avons déjà rencontré cette difficulté lors de l'étude du CTPE de Captieux, pour ce qui est de la pédologie et de la tectonique. Accrue par la nécessité de mieux comprendre l'origine des lagunes, elle est à nouveau présente à Losse.

Localisation du secteur d'étude



DEUXIÈME PARTIE : ETAT DES CONNAISSANCES

Organisation géologique et problématiques régionales

Sur le plan géologique, l'ensemble du bassin versant Adour-Garonne, bien que représentant une immense étendue, peut-être perçu de façon assez simple. Ce système hydrologique trouve ses « racines » au sein de 2 systèmes montagneux, régionaux : à l'Est, le Massif Central et ses annexes Sidobre et Montagne Noire, et, au Sud, les Pyrénées.

Les terrains sédimentaires d'âge secondaire (Jurassique et Crétacé) et tertiaire (Eocène + Oligocène), calcaréo-marneux et molassiques, forment une vaste auréole de la Charente au Toulousain et au Pays Basque.

Dans les Pyrénées Centrales, s'ouvre un vaste système érosif, d'âge miocène, donnant naissance à un système de cônes de déjections. C'est le système du cône principal du Lannemezan et des cônes annexes de Ger et d'Orignac, avec leur prolongement vers le Nord.

Ces cônes de déjection alimentent en matériaux, de nombreux cours d'eau ayant participé, durant le Miocène, à l'élaboration d'un immense système fluviatile. Depuis la région de Lannemezan, celui-ci s'étend vers le Toulousain à l'est, la Chalosse à l'ouest, l'Armagnac et le Marsan au nord.

Traversant le Bassin d'Aquitaine d'Ouest en Est, du Bassin d'Arcachon au Toulousain, l'accident celte-aquitain commande, au Quaternaire ancien, le principal axe de drainage régional. Ce système fluviatile comprend :

- Une partie en amont, de la Montagne Noire à Nérac, où se concentrent les cours d'eau (Garonne, Tarn, Aveyron, Lot...).
- Une partie en aval où s'édifie, au Quaternaire ancien, un système deltaïque au sein duquel plusieurs nappes alluviales se sont mises en place (formations dites d'Arengosse, d'Onesse, de Belin, de Castets ; Dubreuilh *et al*, 1995) ; Ces nappes sont constituées de sables, petits graviers et argiles.

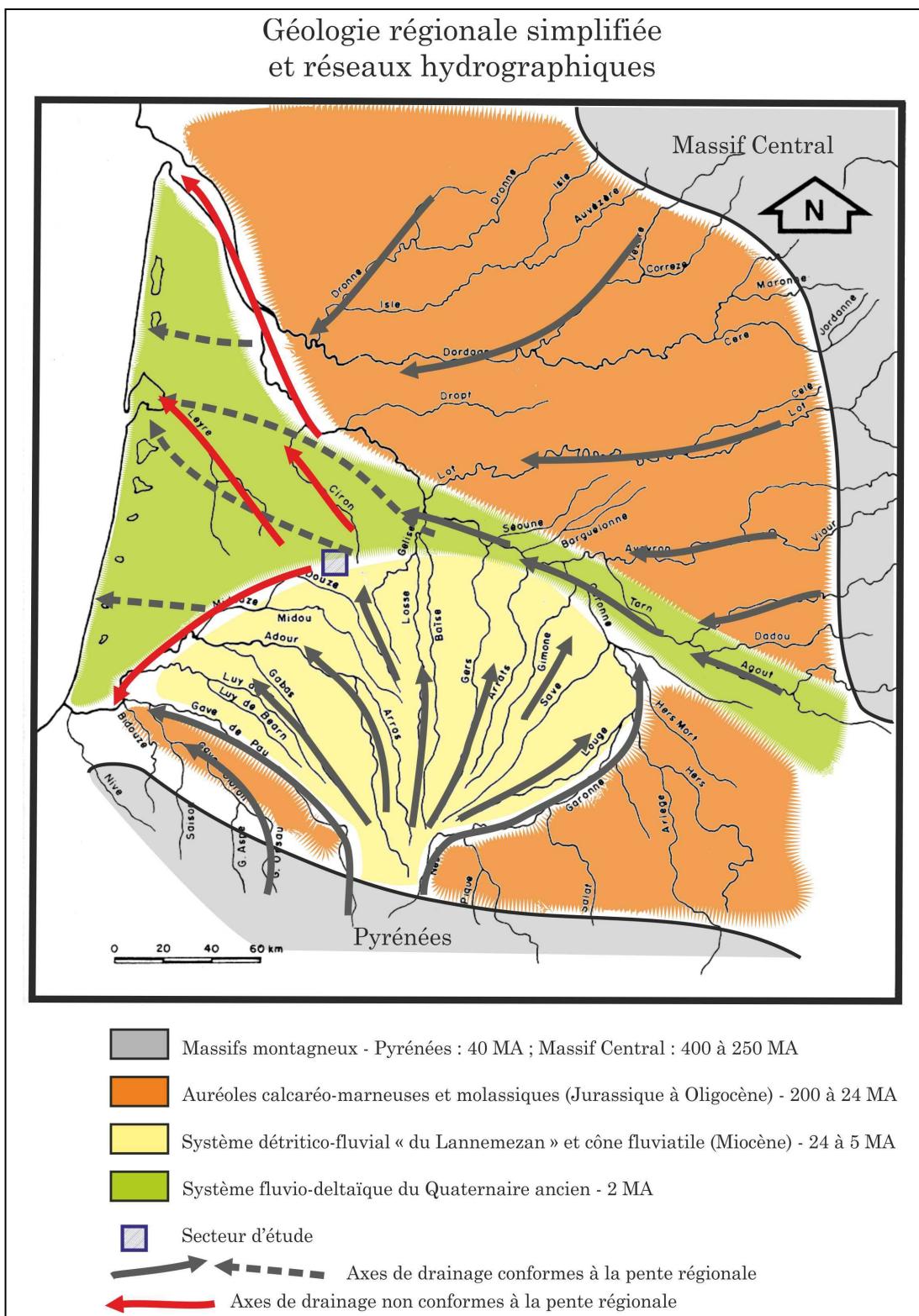
Organisation hydrologique

On relève des différences d'adaptation des cours d'eau actuels à ces mégasystèmes géologiques :

- Sur les terrains secondaires et paléogènes (début du Tertiaire), le système hydrographique s'organise de façon centripète, de la périphérie vers le centre du Bassin d'Aquitaine, en parfaite conformité avec la pente régionale ;
- Sur l'éventail sédimentaire, issu du cône de Lannemezan, les cours d'eau sont organisés de façon centrifuge, respectant exactement la géométrie des dépôts.
- Les cours d'eau pyrénéens ne participant pas à ce cône, l'évitent très clairement : vers l'est pour la Neste et la Garonne, vers l'ouest pour les Gaves.
- Dans le système quaternaire, la partie en amont présente, jusqu'à Nérac, une organisation conforme (vers le centre du bassin).

La partie en aval correspond à des étalements sédimentaires deltaïques. Au sein de ce vaste triangle (Nérac, Soulac, Bayonne), les cours d'eau actuels ne sont plus en conformité avec la pente régionale. Au lieu de s'écouler vers l'Ouest, ils contournent le centre du bassin vers le Nord-ouest pour le système garonnais et vers le Sud-ouest pour le système aturien. C'est donc dans une région abandonnée par les grands cours d'eau

du Quaternaire, que se sont développées les actions éoliennes responsables de la mise en place du Sable des Landes (*s.s.*) et que s'est individualisé le « Triangle landais ».



Ce particularisme hydrologique régional a été différemment traduit par les auteurs :

- « Ségrégation du réseau hydrographique landais et extrême jeunesse de ce dernier » pour Enjalbert, (1960),
- « Inadaptation du réseau à la pente régionale » pour Prud'homme, (1972),

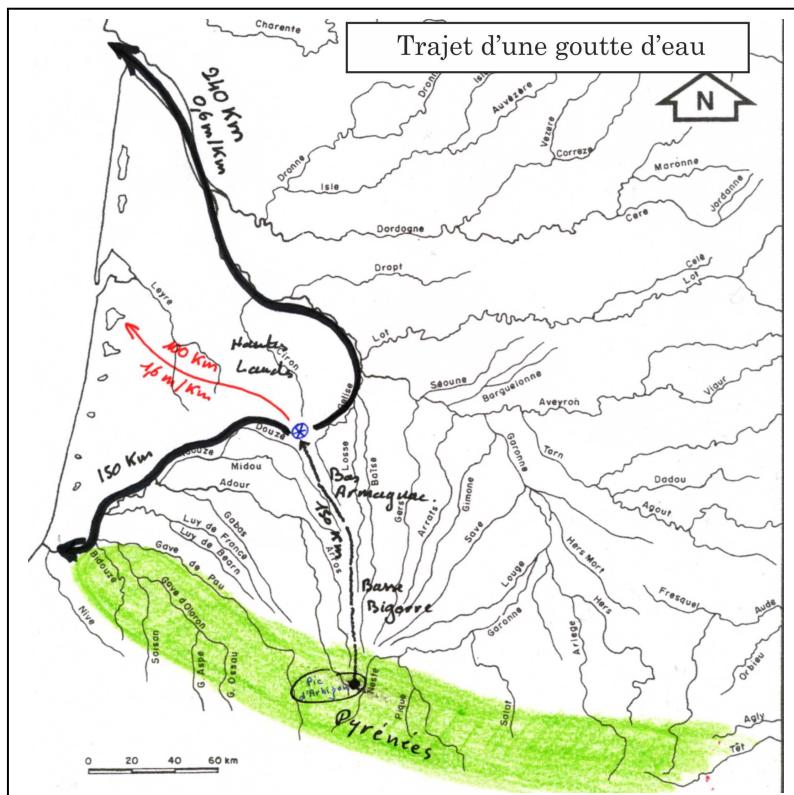
- « Abandon d'une organisation centripète du réseau au profit d'une organisation centrifuge » pour Legigan, (1979).

Quelques soient les termes employés, tous sont d'accord : la problématique générale du Triangle Landais réside dans l'évolution, au cours du Quaternaire, des conditions de drainage. Le problème des lagunes (formation, évolution, préservation) passe par une meilleure connaissance des modes de drainage régionaux.

Le secteur étudié autour de l'essaim de lagunes de Losse, est, en ce sens, particulièrement bien situé : il est à la fois à la limite des systèmes hydrologiques garonnais et aturien et à la limite de 2 super-systèmes géologiques : le cône fluvio-détritique du « Lannemezan » et le paléo-delta landais.

Posons le problème du drainage régional d'une façon imagée.

- Imaginons une goutte d'eau élémentaire tombant de nos jours, sur le Pic d'Arbizon (2 831 m), exactement sur la limite de séparation des eaux entre le bassin de la Garonne et le bassin aturien.
 - Elle va suivre la ligne de crête : Col d'Aspin, Lannemezan, interfluve Arros-Baïse ; et toujours vers le Nord, interfluve Douze-Gélize, jusqu'à Gabarret en entrant dans les Landes et Losse.
 - En ce point, elle a parcouru 150 km. Il lui reste environ 80 km jusqu'à l'Océan. Elle a, semble-t-il, un boulevard devant elle : plus d'obstacle topographique, une pente moyenne de 1,6 m/km, *a priori* très suffisante, un moyen de transport idéal, la Leyre, dont la « tête de station » est à une trentaine de kilomètres.
 - Elle pourrait gagner l'Océan en quelques jours comme le faisaient ses ancêtres du Quaternaire ancien mais elle ne le fait pas.
 - Elle s'arrête et participe à la formation de zones de stagnation des eaux.
 - Bientôt rejointe par d'autres gouttes, il y a quelques « bousculades ». Poussée par les nouveaux arrivants, notre petite goutte perd l'équilibre : si elle tombe à droite elle rejoint le bassin de la Garonne et devra parcourir plus de 200 km avec une pente inférieure à 1,6 m/km pour rejoindre l'océan.
 - Si elle tombe à gauche, vers le bassin de l'Adour, elle devra parcourir 130 km jusqu'au Pays Basque où après 280 km, elle sera revenue au pied des Pyrénées, son point de départ...



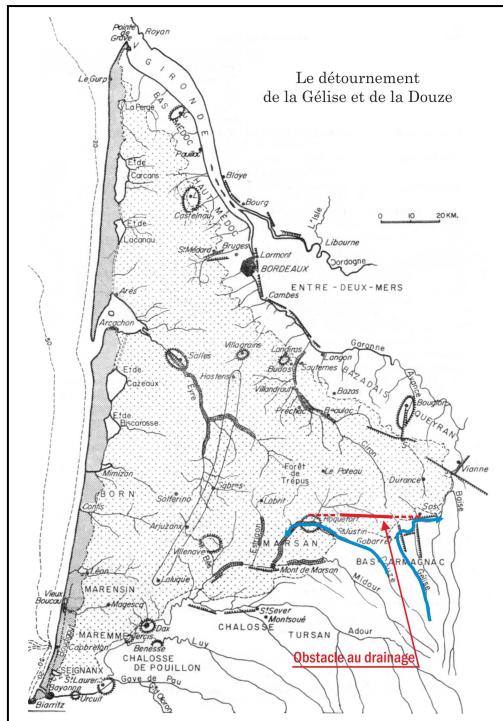
Tout ceci est bien étrange et nous amène à imaginer, à l'entrée de la lande, un obstacle à l'écoulement logique des eaux.

Il existerait quelque part entre Losse et Gabarret, une structure géologique particulière qui, bien qu'invisible en surface, aurait une influence sur l'hydrologie.

Sur le plan local, c'est cette structure qui assurerait la ségrégation hydrologique des Landes (Enjalbert), le passage d'un drainage centripète à un drainage centrifuge (Legigan). Elle expliquerait l'inadaptation des cours d'eau à la pente régionale (Prud'homme).

Ces derniers auteurs évoquent clairement, des actions tectoniques :

- «*Ces anomalies de drainage... marquent, semble-t-il, soit l'intervention récente d'obstacles au drainage, soit l'existence pénécontemporaine de phénomènes responsables du déplacement vers le Nord, des cours inférieurs de la Garonne ... et vers le Sud de l'Adour.* » (R. Prud'homme, 1972, p.271)
 - Pour expliquer les orientations des couloirs d'incision à la périphérie du bassin landais, Ph. Legigan (1979, p.175) écrit : « *...il est nécessaire de faire intervenir une tectonique tardive dont les phases marquantes se situent entre le Pliocène et le Pléistocène inférieur, et au Pléistocène moyen* ».
 - Enjalbert, en 1960, p.248, écrit : « *Le coude de la Douze, à Roquefort et celui de la Gélize à Sos ne sont pas moins curieux [que le changement de direction de la Garonne et de l'Adour]*.



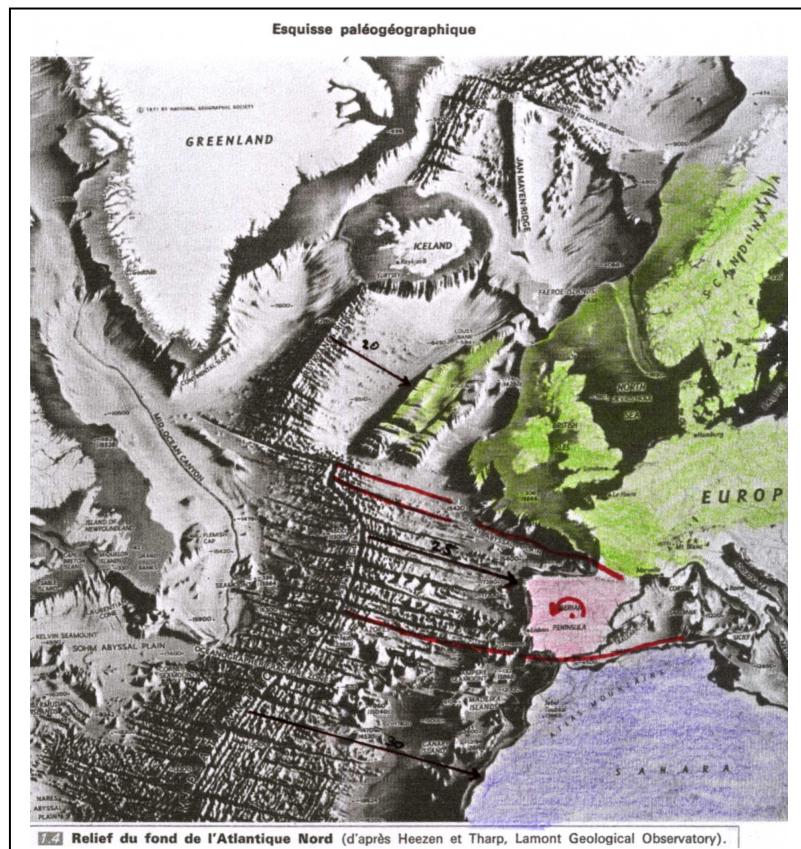
Il ajoute : « *Il faut admettre que le réseau hydrographique actuel n'est pas l'héritier de celui qui fonctionnait au Miocène et au Pliocène* », et p.251 « *C'est pourquoi [...] nous proposons d'expliquer la ségrégation hydrographique landaise par des influences structurales et plus précisément par des phénomènes tectoniques [...]* ».

- Dubreuilh *et al*, (1995), écrivent : « *La tectonique, en provoquant le rejeux de blocs, a aidé les détournements et les captures en faveur d'un drainage méridional* » (p.20). « *Cette alternance [des influences des Pyrénées et du Massif Central sur les apports sédimentaires] peut en partie, trouver son origine dans des phénomènes néotectoniques* » (p.24).

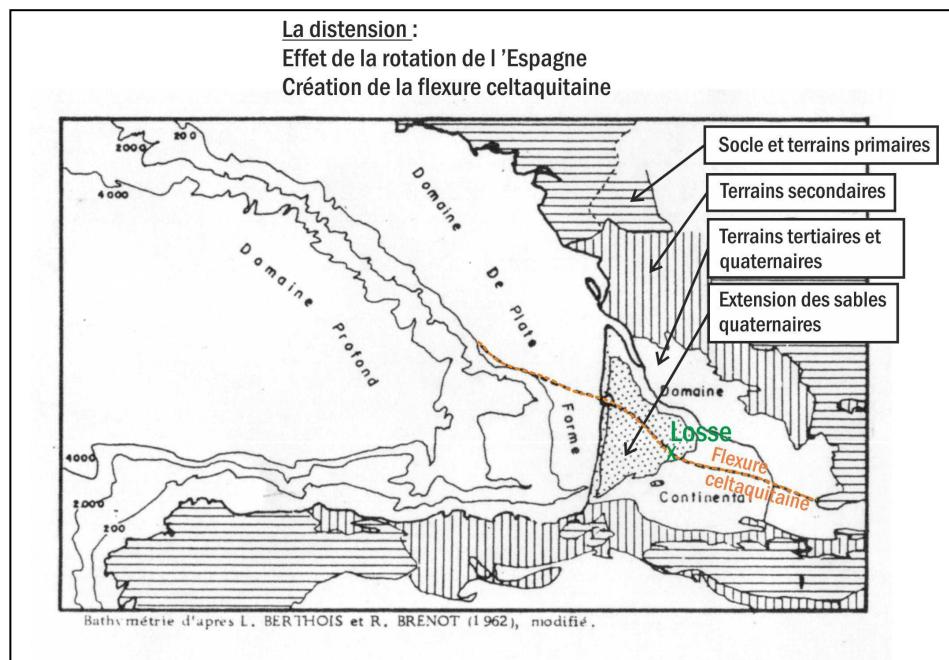
Les plus « anciens » parmi ces auteurs ne pouvaient guère aller au-delà de ces constatations car ils ne disposaient pas d'une théorie globale de l'ensemble des phénomènes tectoniques. En effet, évoquée dès 1912 par A. Wegener, la dérive des continents, devenue « la tectonique des plaques », ne

fut admise qu'en 1967 soit une décennie après les travaux d'Enjalbert et trop peu de temps avant ceux de Legigan et Prud'homme.

Depuis, de nombreux travaux ont montré que lors de l'ouverture de l'Océan Atlantique, la plaque ibérique a coulissé vers le Sud-est le long de la plaque européenne. Ce coulissement s'est également traduit par une rotation antihoraire de la plaque ibérique avec une ouverture triangulaire du golfe de Gascogne et du Bassin d'Aquitaine.

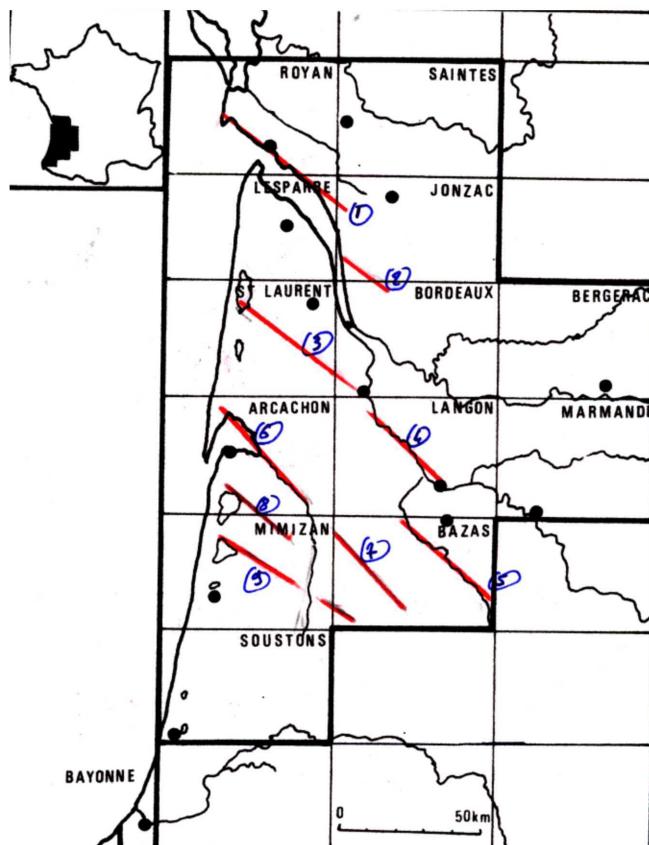


Le reste de la faille de coulissement correspond entre Arcachon et Toulouse, à la structure dite « flexure celtaquitaire ». Cet accident prolonge le talus continental européen.



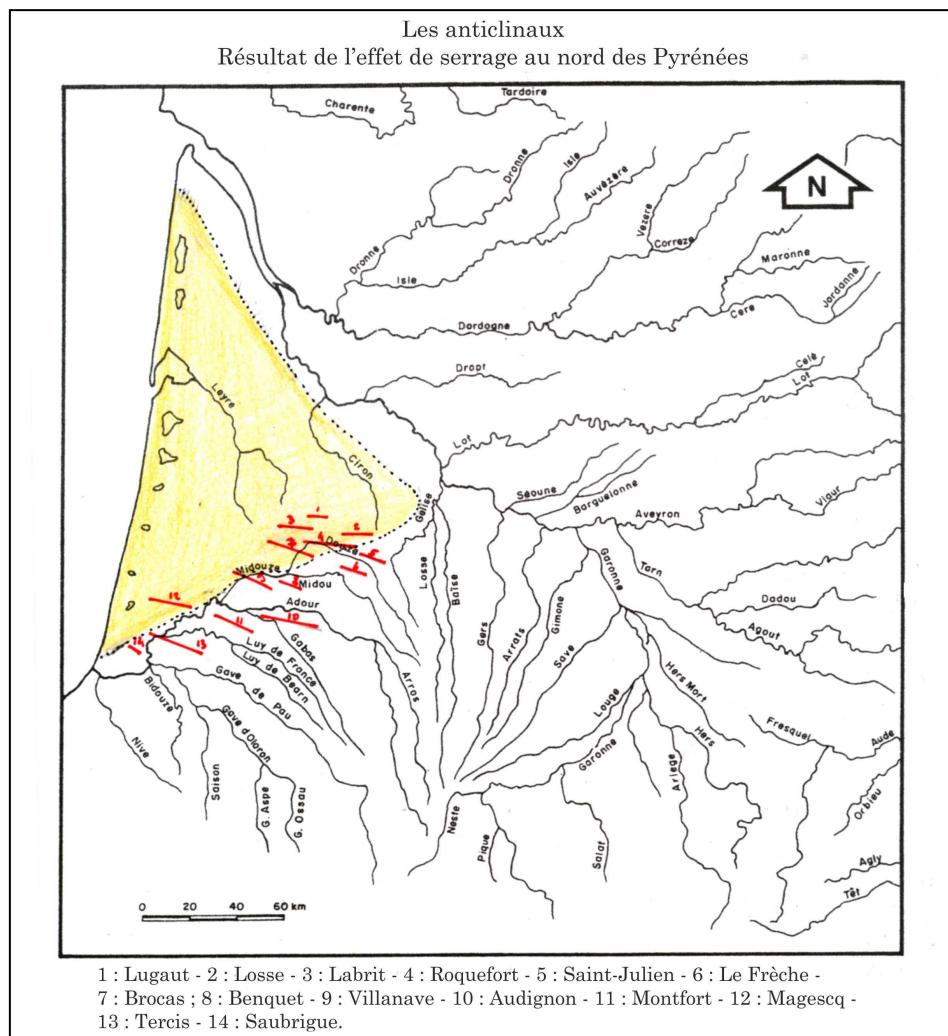
Outre cette structure majeure, on retrouve les témoins de cette ouverture en distension au nord du bassin avec la présence de multiples failles orientées Nord-ouest – Sud-est, parallèles à la flexure celtaquitanne, et au sud par l'enfoncement très important du socle du bassin jusqu'à plus de 10 000 m.

Les failles d'accompagnement de la flexure celtaquitanne



- 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).

Postérieurement à l'ouverture du Golfe de Gascogne et de Bassin d'Aquitaine, une remontée vers le nord de la plaque africaine a poussé la plaque ibérique contre l'Europe formant ici, par collision continentale, la chaîne pyrénéenne. Cette collision a induit une phase compressive avec de multiples plis dans la couverture sédimentaire du sud de l'Aquitaine.

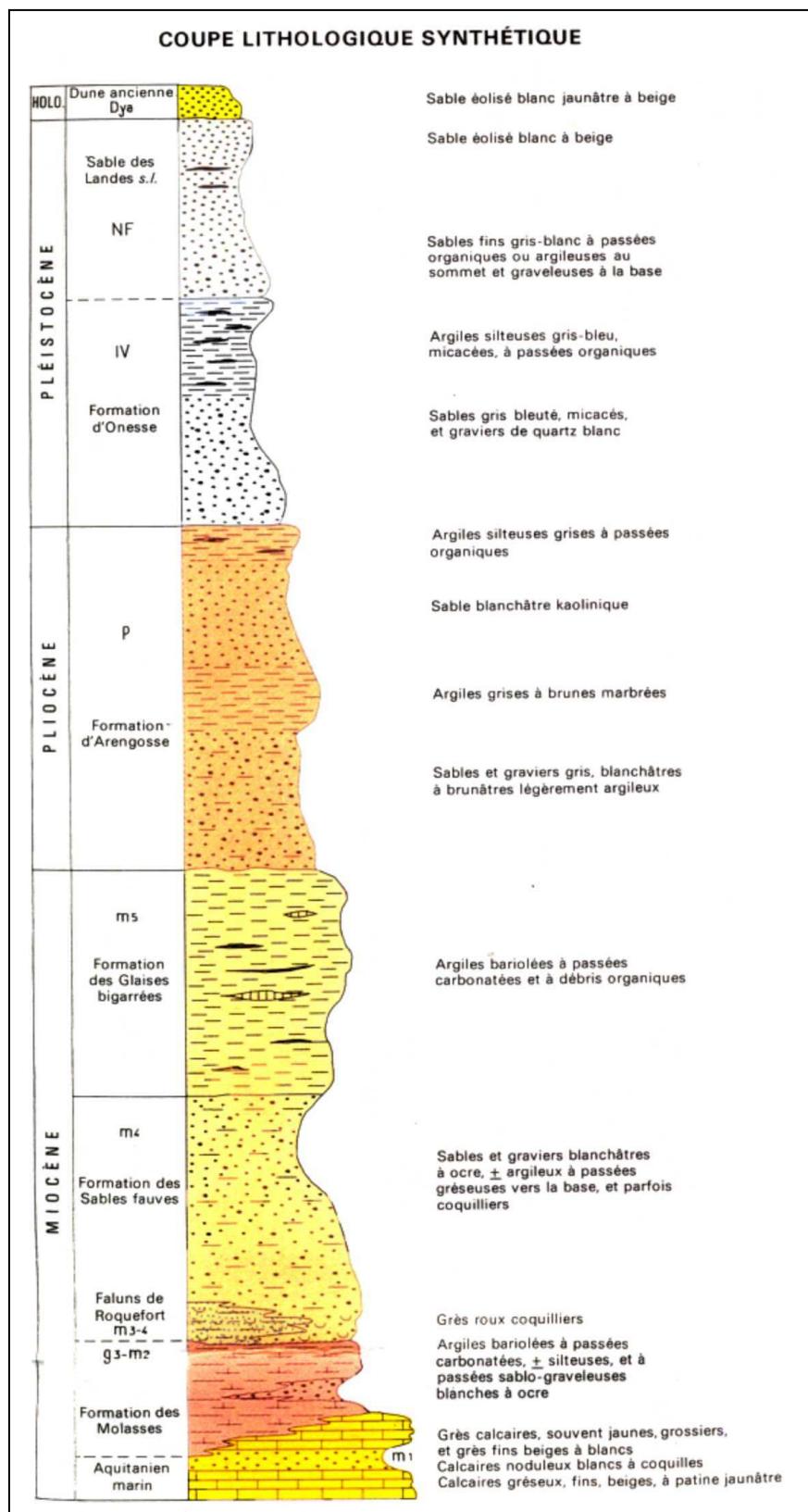


Ce sont des jeux de réajustement de ces structures plissées et de ces failles qui sont, au cours du Quaternaire, responsables de la réorganisation totale du réseau hydrographique.

Organisation sédimentaire dans le sud du Triangle Landais

L'essentiel de ce chapitre découle de la synthèse de J. Dubreuilh et al. (1995).

Au dessus du substratum marin d'âge miocène (calcaires, grés, argiles et molasses) se développe une série de formations détritiques, de nature lithologique variée dont l'âge s'étale du Miocène au Quaternaire



Les sables fauves

Cette formation, d'âge miocène, se développe du Gers et du Béarn jusqu'au Bassin d'Arcachon. Son épaisseur, en moyenne de 25 m, peut localement atteindre 40 m. Il s'agit de sables fins, ferruginisés, parfois argileux et riches en mica, d'une couleur fauve très caractéristique.

Il existe localement des niveaux de graviers et galets. Parfois le sommet de la formation est souligné par une cuirasse ferrugineuse.

Les glaises bigarrées

Elles recouvrent l'ouest du Gers, une partie du Béarn et le cœur du domaine landais. Leur épaisseur moyenne est de 20 m. Ce sont des argiles massives, plastiques, grises et bleu-vert, à grandes bariolures ocres, rougeâtres et lie-de-vin. De petits lits de graviers s'y intercalent parfois.

Elles correspondent à une sédimentation de plaine d'inondation très plane. Elles sont datées du Miocène terminal (Tortonien).

La formation d'Arengosse

Au cours du Pliocène, se sont déposés des sables argileux, blanchâtres, à graviers de quartz. Ils sont intercalés avec de nombreux niveaux d'argiles et des lits de lignites.

Il s'agit d'une sédimentation dans un environnement de chenaux divagant au sein d'une plaine d'épandage deltaïque.

La formation d'Onesse

Elle est constituée de sables argileux, micacés, gris-bleu à gris sombre, avec quelques passages de petits graviers, surmontés d'argiles silteuses grises à bleues. Le contexte de sédimentation est le même que précédemment. A Estigarde, la formation argileuse de surface est épaisse de plus de 12 m, sous les sables landais.

La formation de Belin

Elle se développe depuis la Leyre jusqu'au nord du Médoc. Elle est constituée de sables grossiers, blancs et de petits graviers, argileux.

La formation de Castets

La formation de Castets constitue le Sable des Landes, au sens le plus large. C'est un ensemble de sables blanchâtres, épais, recouverts par des sables éoliens, jaunâtres (le Sable des Landes, au sens strict). Ces derniers se développent en quasi continuité sur l'ensemble du triangle landais.

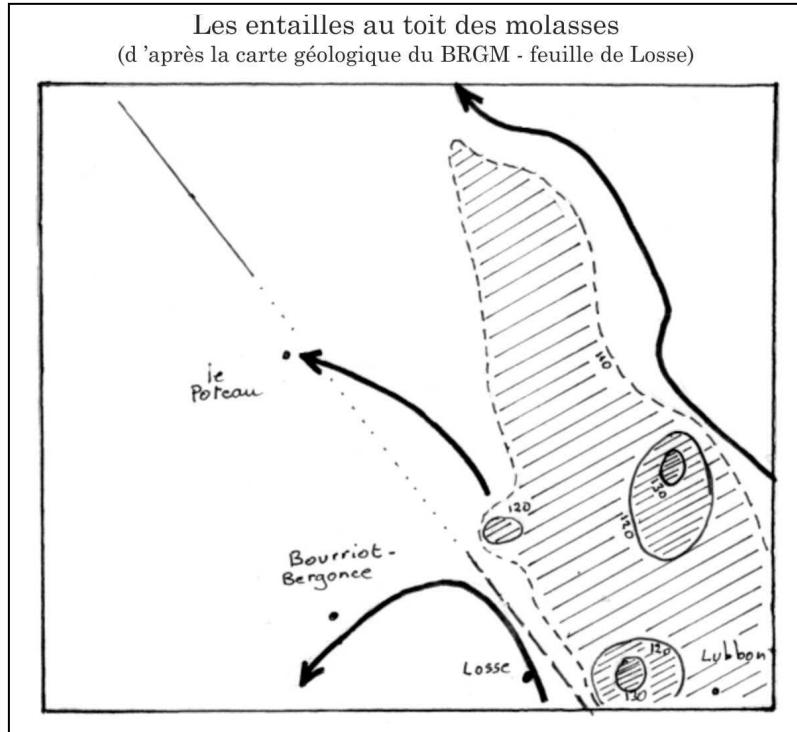
Ces trois dernières formations sont d'âge pléistocène de plus en plus récent.

La carte géologique à 1/ 50 000 feuille de Losse

Le levé de cette feuille publié en 1991 suite aux travaux de G. Karnay, indique que le substratum des sables éoliens est constitué par les dépôts fluviatiles rapportés aux formations d'Arengosse et d'Onesse.

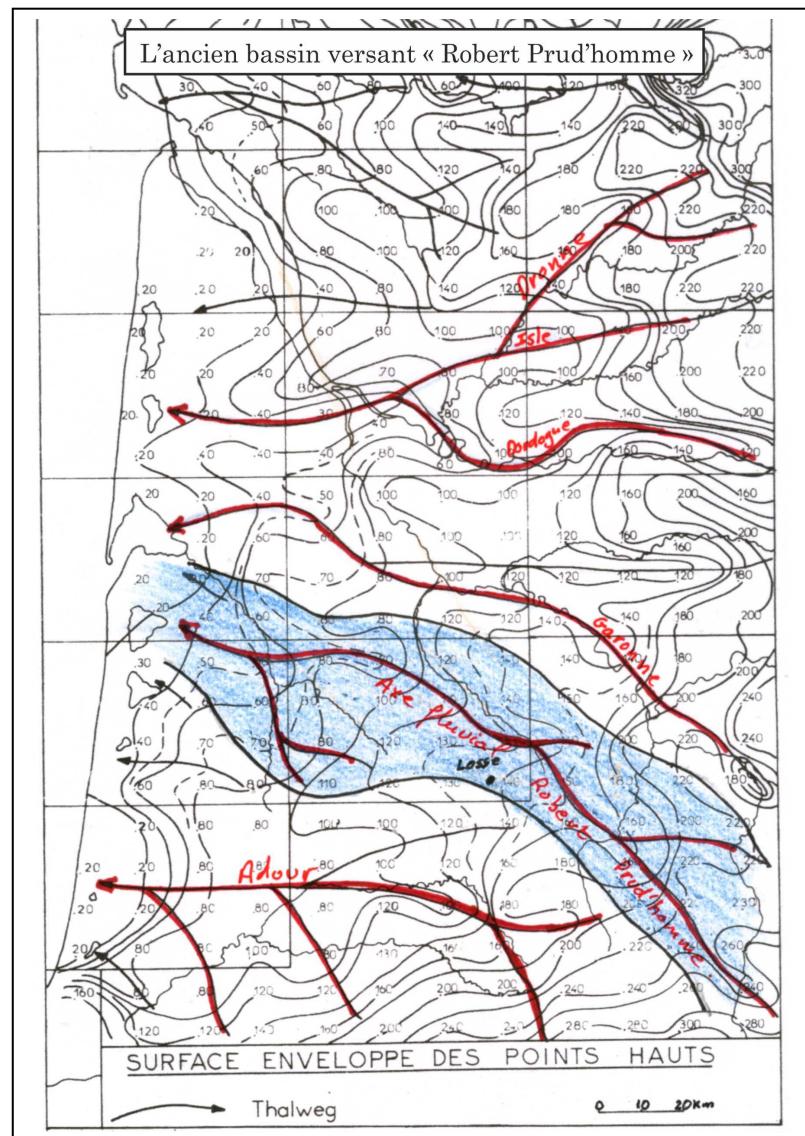
Les molasses dans lesquelles se sont inscrits ces dépôts, montrent des incisions pouvant indiquer les directions d'écoulement des rivières du Pliocène et du Quaternaire :

- Une direction Sud-est – Nord-ouest, de Losse au Poteau
- Une réorientation vers le Nord, sur un axe correspondant à la vallée actuelle du Ciron,
- Une réorientation vers le Sud, empruntant le cours actuel de la Vialotte vers la vallée de l'Estampon.



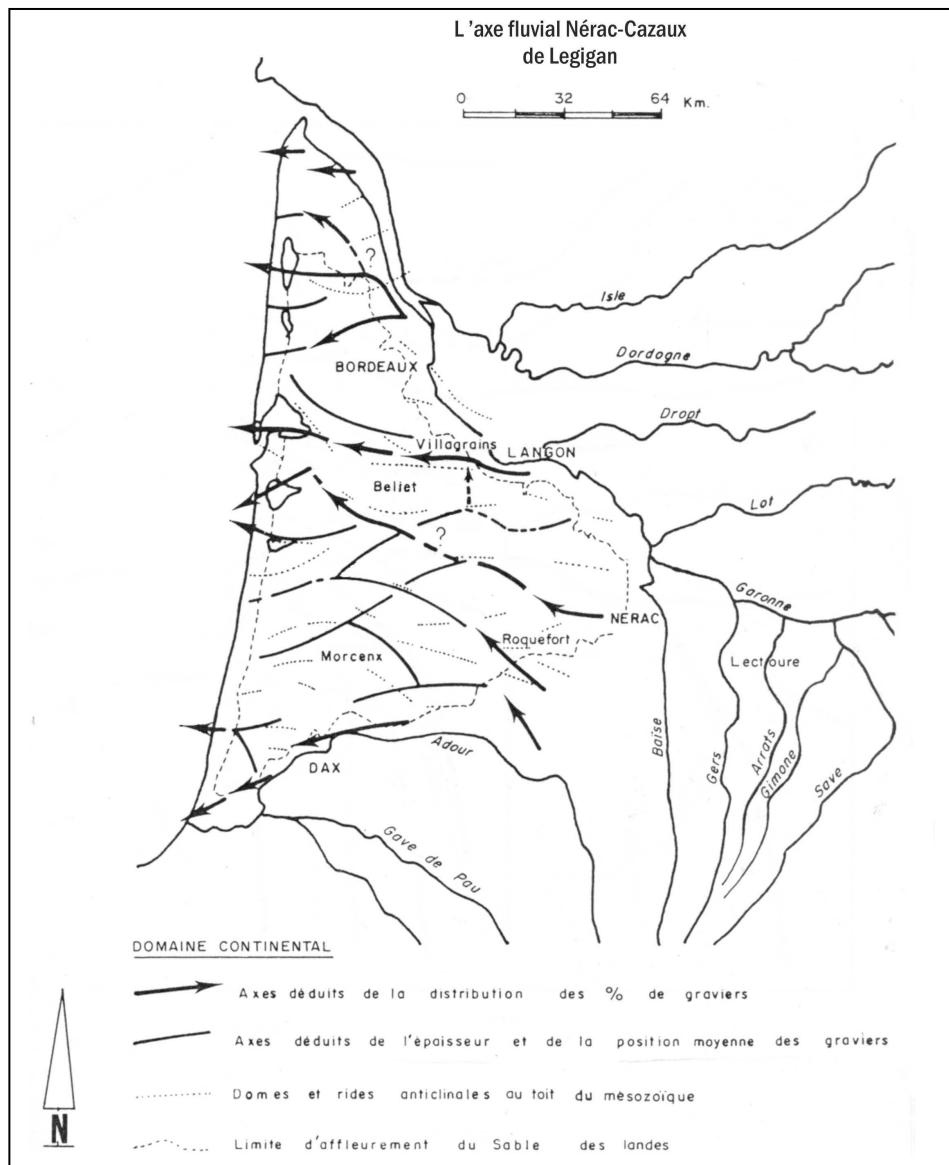
L'analyse géomorphologique de R. Prud'homme (1972)

D'une analyse régionale « des points hauts », R. Prud'homme déduit l'existence d'un axe de drainage ancien, d'importance majeure, d'orientation Sud-est – Nord-ouest, passant par Losse et Lubbon et s'écoulant vers la région de Cazaux.
On note la correspondance de position entre cet axe et la flexure celtaquitaine ainsi qu'avec l'entaille au toit des molasses.



L'analyse sédimentologique de Ph. Legigan (1979)

A partir des données de forages d'où sont extraites des valeurs de pourcentage de graviers dans les sédiments, l'épaisseur des couches à graviers et la position moyenne de ceux-ci, Ph. Legigan déduit l'existence d'un axe fluvial majeur s'écoulant suivant une direction Sud-est - Nord-ouest, de Nérac à Cazaux et passant donc à Losse.



Les données pédologiques

Dans ce chapitre nous reprendrons in extenso, ce que nous écrivions en 2012 dans l'étude du CTPE de Captieux, concernant la genèse des sols landais.

Les sols prédominants de la plaine landaise sont des PODZOSOLS tels que définis sur des critères morphologiques par le Référentiel Pédologique (Baize et Girard, 1995 et 2008).

Pour ces auteurs qui ont repris les résultats d'une multitude de travaux, 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 organo-métalliques 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'alias 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 grés. Ils aident bien à la compréhension des phénomènes d'acidocomplexolyse.

Mais les sols des Landes, développés à partir d'un sable éolien, posent problème car ne répondant pas aux conditions initiales, évoquées ci-dessus, des roches-mères. En effet :

- La roche originelle 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 ou quartzitiques 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 Référentiel Pédologique (RP), ne permet 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 élevée 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 en cours.

Une nouvelle approche plus adaptée de la genèse des PODZOSOLS landais

Ce travail de reconsideration 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 Plioquaternaire ». Cette

nappe concerne les formations détritiques (nappes alluviales anciennes de type Arengosse et Onesse 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 se forme des composés organiques dont certains sont solubles. 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 :

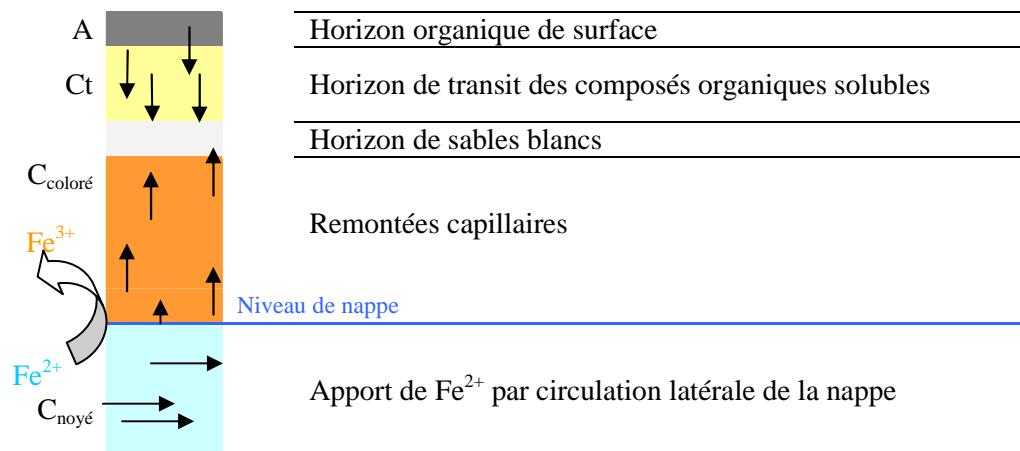
Présence d'une nappe concernant également les alluvions anciennes sous-jacentes (nappe plio-quaternaire), riche en fer solubilisé sous forme d'ions ferreux (Fe^{2+}) dont la concentration peut atteindre voire dépasser 10 mg.l^{-1} (Gordon N., 1973).

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 « $\text{C}_{\text{coloré}}$ ». C'est un horizon d'accumulation « *per ascensum* ».

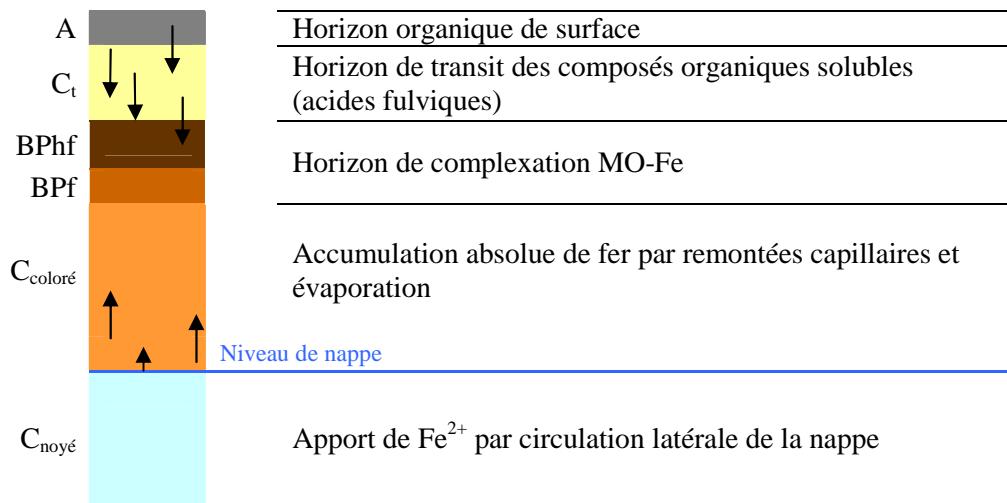
Aussi apparaît-il un sol « transitoire » à plusieurs horizons :

- 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 : $\text{C}_{\text{coloré}}$;
- Horizon profond, sableux, saturé en eau : $\text{C}_{\text{noyé}}$.



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 remontées 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, en quelque sorte, le bilan hydrogéologique du sol. L'induration des BP sous forme d'alias, 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 conviendra donc, dans l'étude du secteur d'interfluve Ciron - Estampon, de préciser les relations entre la nappe et la genèse des sols.

Conclusion partielle

Sur le plan géologique et paléogéographique, quelque soit le niveau de raisonnement - la géomorphologie de surface, la morphologie du substratum tertiaire, la nature lithologique du comblement pléistocène - il convient de retenir qu'il est mis en évidence, dans la région de Losse, un axe fluvial majeur ayant fonctionné jusqu'à la limite plio-pléistocène où se manifestent des défluviations importantes.

Ces défluviations sont d'origine tectonique en relation avec la structure plissée et faillée du substratum ancien. Il s'agit au moins dans un premier temps, d'une réactivation du système de failles associées à la flexure celtaquitaire avec :

- Un relèvement et un basculement du compartiment Nord-ouest qui entraîne un « glissement » d'une partie du réseau hydrographique initial vers l'emplacement de l'actuel bassin garonnais ;
- Une déviation vers le Sud-ouest d'une autre partie du réseau primitif. Il n'est pas possible, à ce stade de l'analyse, d'associer cette défluviation vers le Sud à une structure tectonique particulière sauf à dire que cette dernière est actuellement soulignée par le petit ruisseau de La Vialotte.

L'essaim, de forme allongée, de lagunes du plateau d'interfluve entre Losse et Lubbon est curieusement situé et aligné sur l'axe fluvial du Quaternaire ancien. Les lagunes de Losse seraient-elles les vestiges de cet ancien réseau hydrographique ? C'est là une hypothèse à ajouter à la liste de celles évoquées dans le cadre de l'origine des lagunes.

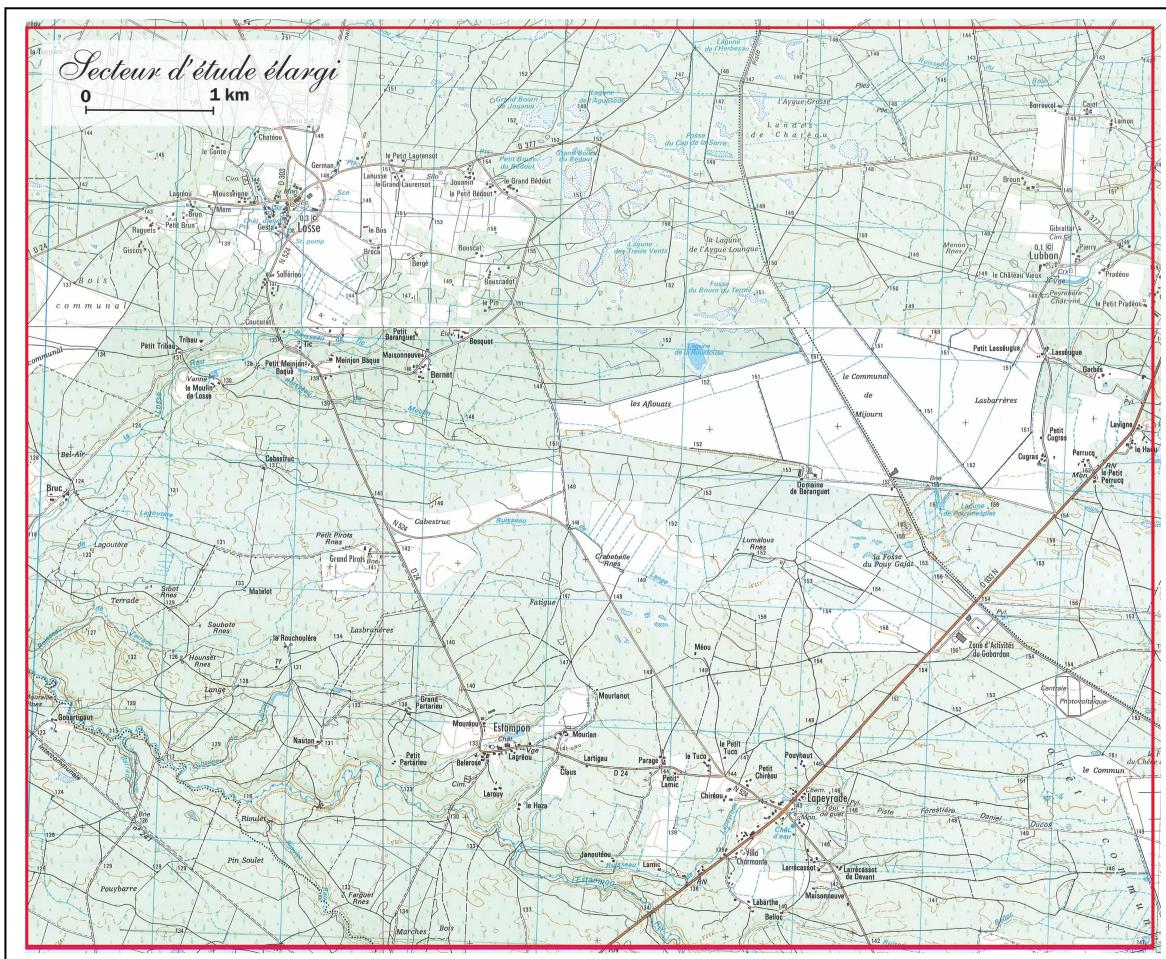
Sur le plan pédologique, il convient de retenir que les principes généralement admis pour la formation des PODZOSOLS, ne sont guère applicables pour les secteurs de la lande concernés par une nappe phréatique proche de la surface.

A la lumière des observations faites en 2012 à Captieux, il convient, sur le secteur de Losse, d'étudier la répartition des sols non pas sur des bases purement morphologiques mais en fonction des fluctuations du niveau initial de la nappe.

TROISIÈME PARTIE

ETUDE DE L'INTERFLUVE CIRON – ESTAMPON

Les études réalisées ont eu pour but de mieux définir, sur le plan local élargi (voir carte ci-dessous) les conditions de gisement de l'eau ainsi que les principaux paramètres d'écoulement tant au sein du sable des Landes *s.s.* que vers les nappes « profondes », ou encore du ruissellement de surface. Il s'agit d'une analyse géomorphologique fine et d'une étude pédologique plus restreinte, limitée à l'environnement proche de l'essaim de lagunes (plan local strict).



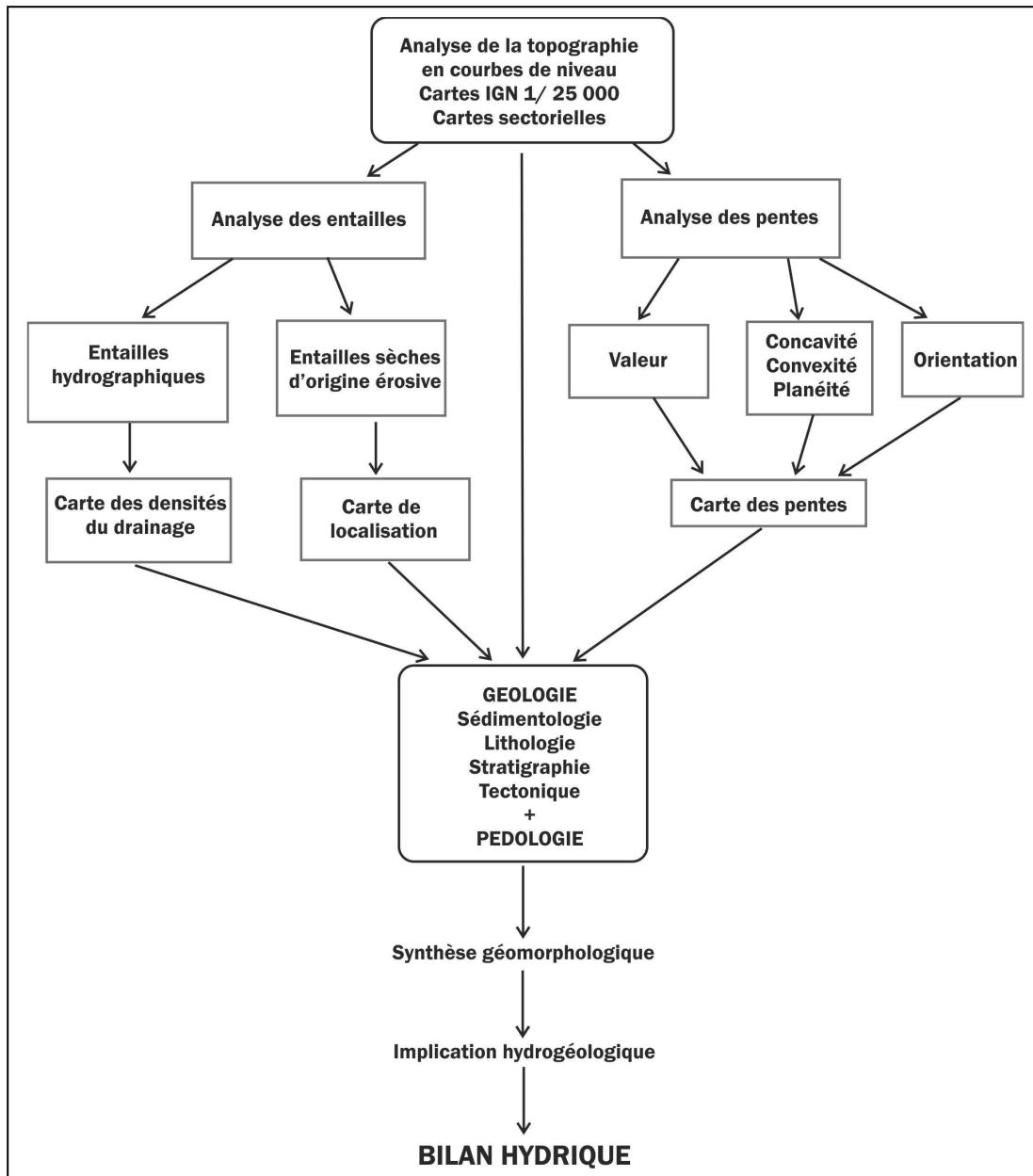
I - Analyse géomorphologique

L'analyse géomorphologique, c'est-à-dire l'étude des formes du relief, de leur cause et de leur évolution, a porté sur le contexte local élargi. Elle a pour objectif d'établir les bases nécessaires pour la mise en place d'un modèle rationnel de fonctionnement hydrique.

Elle s'est appuyée sur l'analyse conjuguée des données :

- Orohydrographiques des cartes topographiques de l'IGN à 1/ 25 000 (données altimétrique, ruisseaux, sources, fossés...)
 - Géologiques (lithologie, stratigraphie, sédimentologie, tectonique,...)

La démarche globale mise en œuvre dans le cadre de l'analyse, est résumée dans le tableau suivant.



Les différentes analyses thématiques réalisées n'ont pas, en tous lieux, une même pertinence. Telle analyse peut aider à mettre en évidence et expliquer une « géoforme » particulière, localisée à une partie de l'aire d'étude, et ne rien apporter par ailleurs, voire même effacer l'information existante. Il faut alors, pour renseigner les parties alentour, y étudier les autres composantes du relief.

Ceci explique et justifie le fait que les différents thèmes n'aient pas tous, porté sur la totalité des surfaces du contexte local élargi.

L'analyse des entailles

Dans le modélisé de la surface, les entailles correspondent à deux groupes principaux :

- les entailles dues à l'écoulement pérenne de l'eau par le réseau hydrographique,
- les entailles dues à l'érosion sur les versants où les effets des écoulements solides par gravité se mêlent à ceux d'origine météorique.

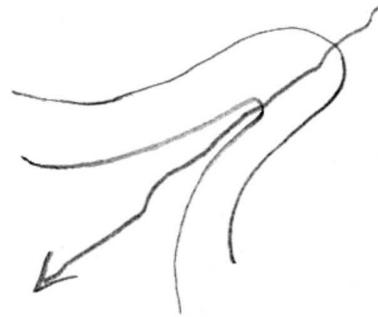
Sur les cartes topographiques, la forme des talwags, c'est-à-dire la ligne joignant les points les plus bas, déduite du dessin des courbes de niveau, permet dans la plupart des cas de distinguer ces deux groupes.

Les entailles hydrographiques sont toujours ouvertes vers l'aval.

Leur fond est en concavité douce (forme en « U ») ou à fond plat.

Bien entendu le talweg est occupé par un cours d'eau +/- pérenne.

Le dessin des courbes de niveau est schématisé ci contre.



Les entailles d'origine érosive présentent quelques caractéristiques particulières :

Elles ne sont pas forcément ouvertes vers l'aval ; L'érosion s'y termine souvent dans l'impuissance avant d'avoir atteint le réseau hydrographique ;

Elles ne sont généralement pas occupées par un cours d'eau pérenne même si certaines d'entre elles ont été aménagées en fossés.

Très souvent, le talweg correspond à la pointe d'un V très aigu.

Le dessin des courbes de niveau est schématisé ci contre.



Entailles hydrographiques

Méthode

Cette analyse porte sur l'ensemble du secteur local élargi. Elle s'est faite par l'étude de la répartition de la densité du réseau hydrographique, en excluant de ce dernier les plans d'eau et les ouvrages d'origine manifestement anthropiques (fossés, crastes).

Sur le plan méthodologique, la zone d'étude du contexte local élargi, a été découpée en secteurs de 25 ha. Au sein de chacun de ces secteurs, la longueur cumulée des entailles, a été mesurée et reportée au centre du secteur. Ceci permet d'attribuer à la valeur ainsi ponctuée, une signification de densité de drainage, exprimée en mètres par hectare ($m.ha^{-1}$).

En second lieu, le carroyage sectoriel est effacé ; seules les valeurs ponctuées du drainage sont conservées et une carte en courbes de points d'égale valeur est dessinée.

Cette carte met en évidence plusieurs éléments fondamentaux :

- Des zones non drainées par le réseau hydrographique (densité = 0 $m.ha^{-1}$)
 - L'interfluve principal des bassins garonnais et aturien correspondant ici, au partage des eaux entre Ciron et Estampon.
 - L'interfluve secondaire entre le ruisseau de Losse et le Bourden (affluent de l'Estampon)
 - L'interfluve secondaire entre l'Estampon et le Launet au Sud.
- Des zones d'incision simple :
 - Le ruisseau de Losse,

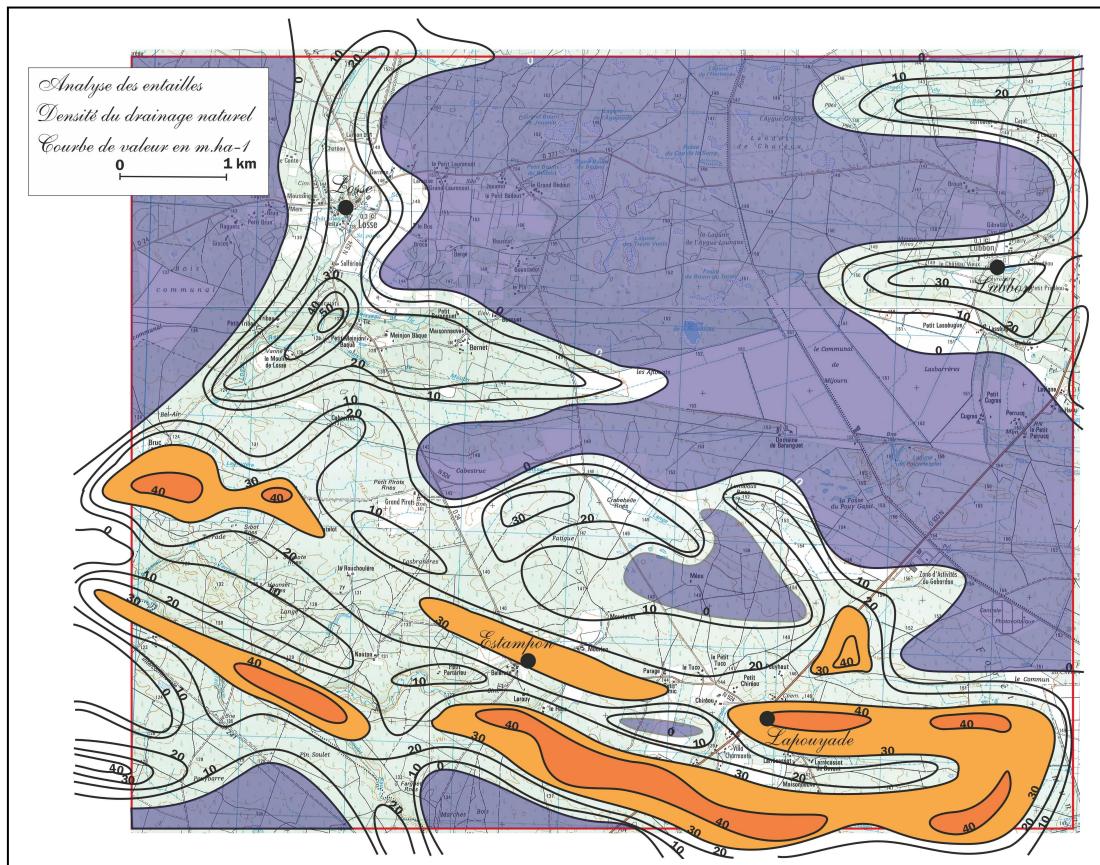
- Le Ciron à Lubbon,

- Une zone complexe correspondant au bassin de l'Estampon.

Cette zone située au sud du secteur d'analyse est orientée Ouest-Nord-ouest - Est-Sud-est.

Depuis la confluence de la Losse et de l'Estampon jusqu'à la centrale photovoltaïque, sa longueur est de 13 km et sa largeur de l'ordre de 1 km.

Elle est constituée de deux axes « creux » latéraux, fortement disséqués (densité de drainage de 30 à 40 m.ha⁻¹) enserrant une « corde » centrale à faible taux de drainage (0 à 20 m.ha⁻¹).



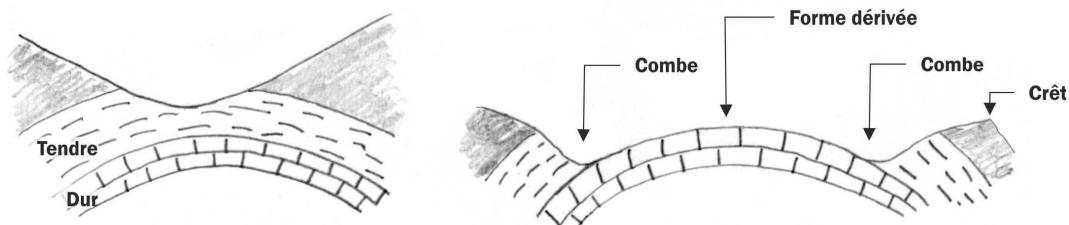
Interprétation géomorphologique

Cela ne porte que sur certains ensembles.

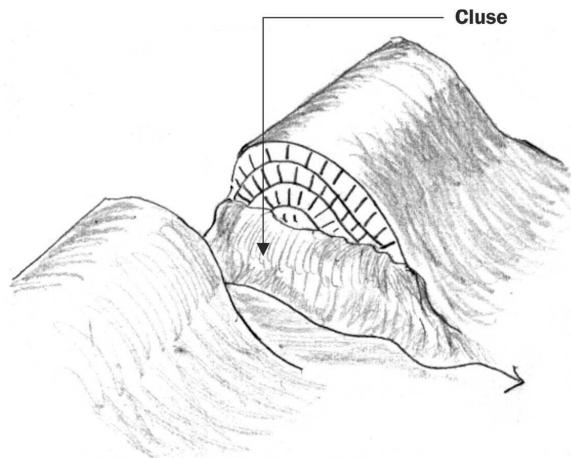
Structure complexe de l'Estampon

L'organisation des densités du drainage donne une image suggérant fortement un système de combe dédoublée, caractéristique d'une structure anticlinale avec, sur le plan stratigraphique, une alternance de couches dures et de couches plus tendres.

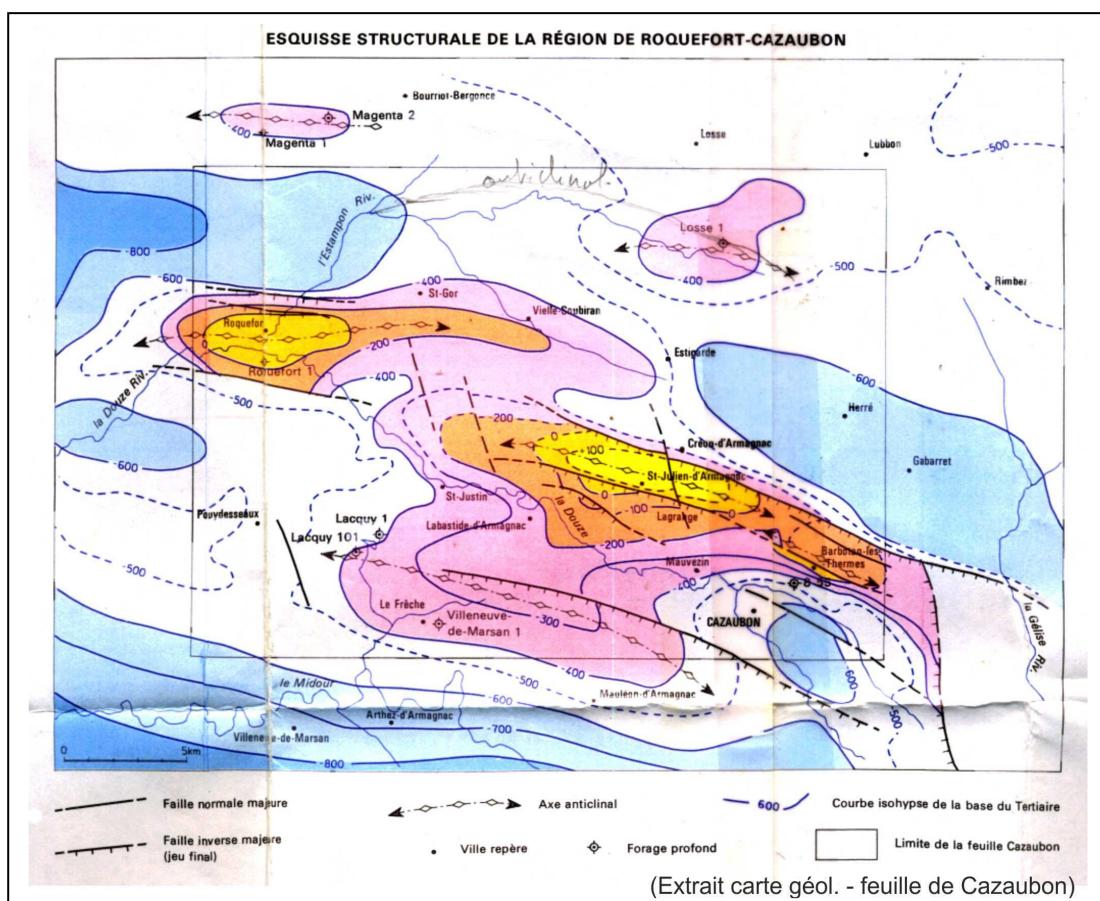
Le cœur de l'anticlinal, constitué d'une couche plutôt résistante, a mieux résisté à l'érosion. La « corde » centrale de la structure est donc une forme dérivée par érosion différentielle.



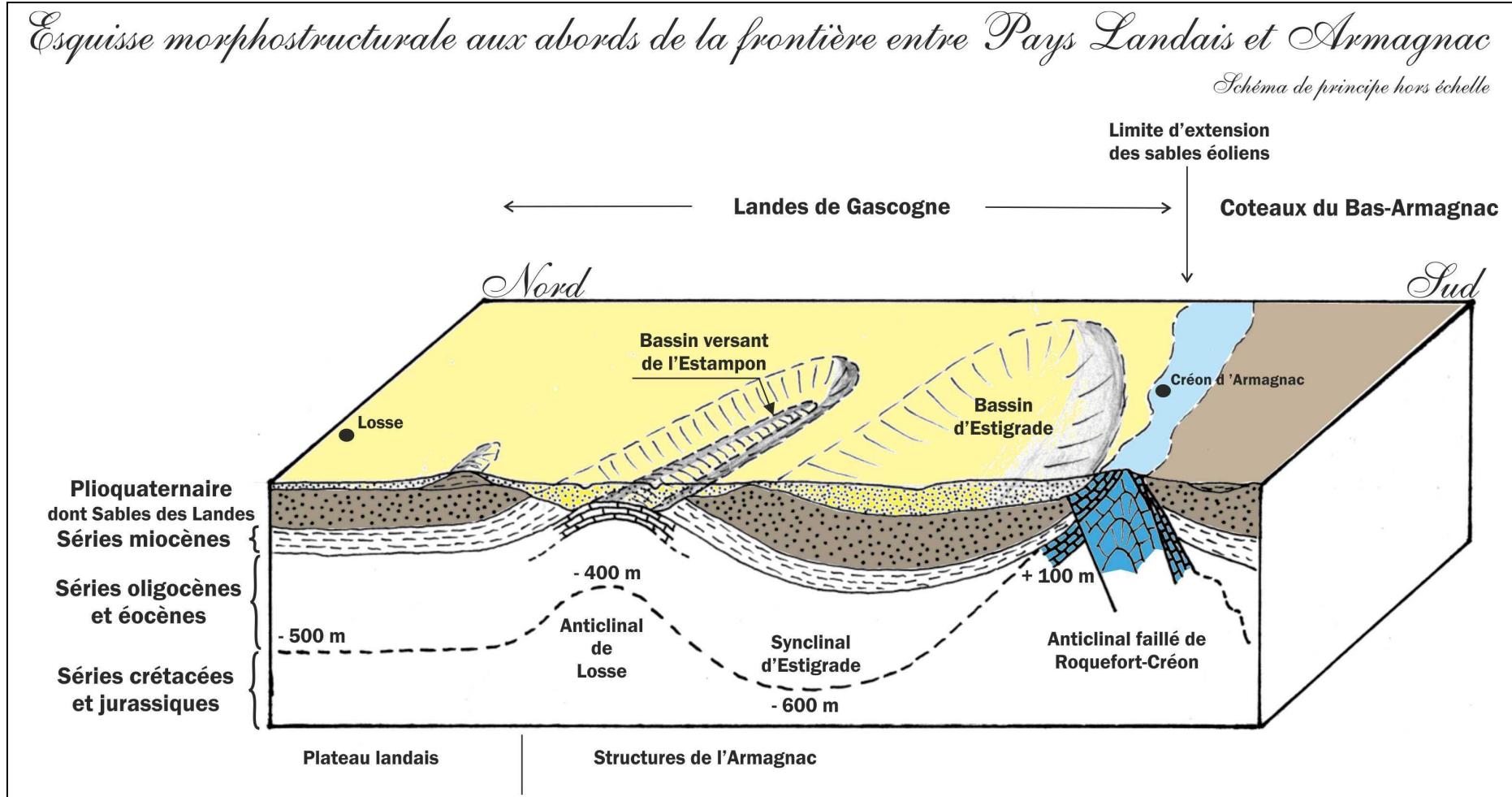
La forme centrale, dérivée, est, sur le plan du réseau hydrographique, très nettement tronçonnée. Ceci suggère la présence de fractures, de failles ou de diaclases transverses. Cette organisation est comparable à un système de cluses.



La structure d'ensemble responsable de cette « géoforme », est, au niveau géologique régional, connue depuis les années 1950 et les prospections pétrolières dans le Bassin d'Aquitaine. Elle a été mise en évidence grâce aux investigations géophysiques par sismique réflexion. C'est l'anticlinal de Losse, lequel appartient au système tectonique du Bas Armagnac (anticlinaux de Roquefort, de Saint-Julien d'Armagnac, Créon d'Armagnac, Barbotan les Thermes, Villeneuve de Marsan).



Le schéma ci-dessous, permet de donner une vision volumétrique de l'ensemble des structures du secteur d'étude élargi.



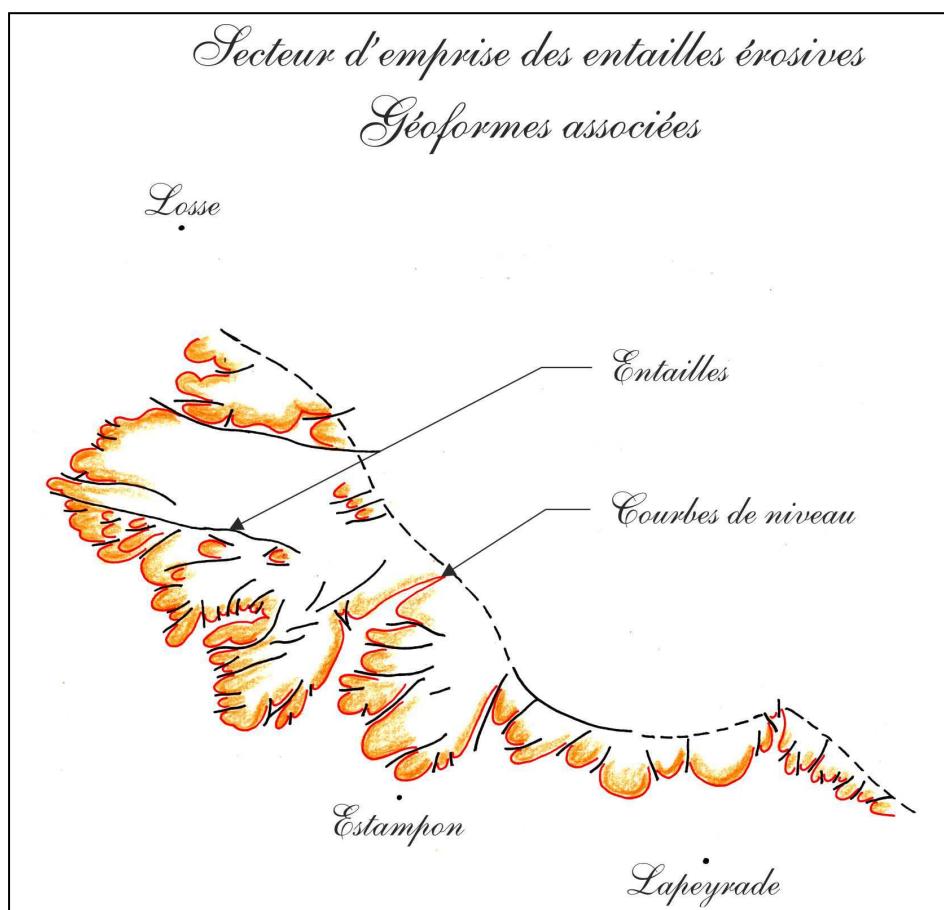
En résumé, l'établissement de la carte des densités du drainage permet :

- De montrer l'expression, en surface, d'une structure anticlinale profonde, largement oblitérée par des sables éoliens ;
- De fixer les limites d'un plateau subhorizontal, non drainé, correspondant à l'interfluve principal, où se situe la quasi-totalité de l'essaim des lagunes de Losse
- De mettre en évidence, qu'entre le plateau d'interfluve et la structure anticlinale de l'Estampon, se développe une zone de raccordement à faible densité de réseau hydrographique ($0 - 20 \text{ m.ha}^{-1}$). Sur le plan géomorphologique, cette dernière zone sera précisée par l'analyse des nombreuses entailles érosives qui l'affectent.
- D'établir qu'au sud de l'Estampon, existe une zone disséquée qui appartient à une unité géomorphologique indépendante, devant être étudiée séparément, celle du Synclinal d'Estigarde.

Les entailles érosives

Cette analyse ne porte que sur le flanc nord de l'anticlinal de l'Estampon.

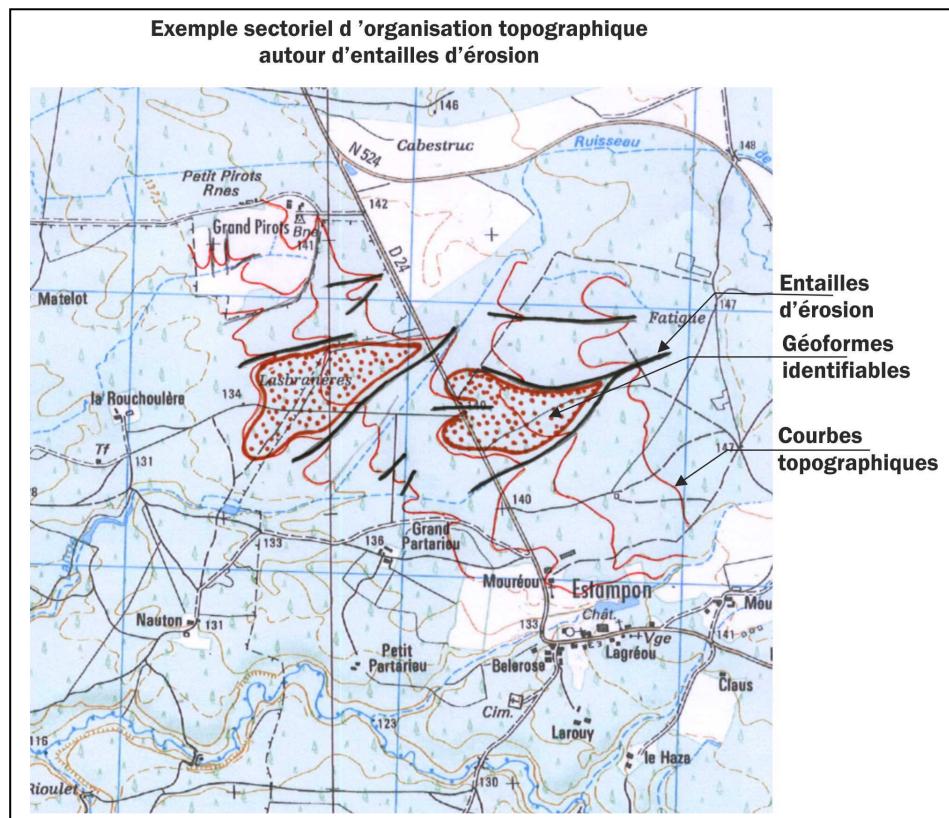
Le domaine de développement des entailles érosives, s'étend depuis la vallée de la Losse, au sud du bourg, où sa largeur est de 2 km, jusqu'à l'Est de Lapeyrade où il se termine en biseau sur l'anticlinal de l'Estampon.



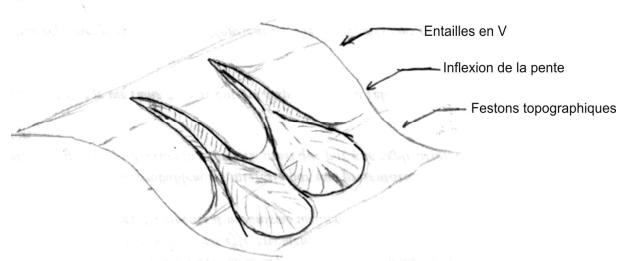
Interprétation géomorphologique

L'ensemble des entailles révélées sur la carte ci-dessus, se développe dans des secteurs de hauts de pente pour lesquels la pente augmente vers le bas, passant de 5 à 10 %. En bas de pente, ces entailles tendent à disparaître dans les secteurs de décélération de la pente (concavité) qui passe de 10

à 7 %. De façon systématique, les zones de disparition des entailles, en bas de pente, correspondent à des courbes de niveau dessinant des festons.

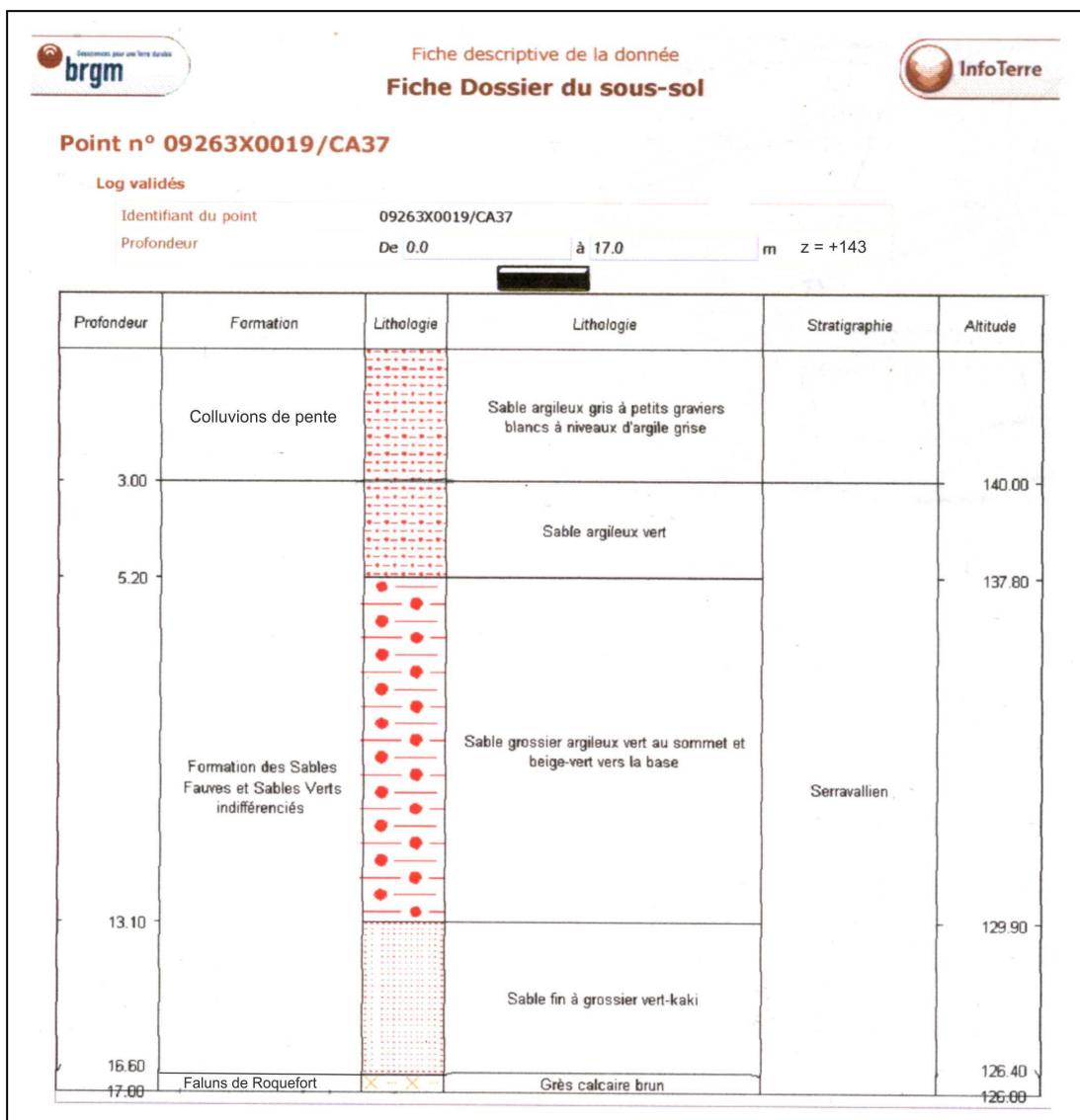


De nombreuses géoformes positives prennent place entre les axes creux. L'ensemble évoque un système colluvial, complexe, constitué d'une multitude de coulées de terre juxtaposées. Compte tenu des faibles pentes sur lesquelles ces coulées se sont produites (5 à 10 %), il faut envisager un matériel fin, peu cohésif, gorgé d'eau, donnant une boue très fluide.



Cet ensemble de formes s'est développé à partir de la formation des sables fauves. Il correspond à des coulées de solifluxion produites en période périglaciaire, lors du dégel des sols.

Le forage d'eau de Cabestruc, référencé sous le n° 09263 X 19 de la BSS, indique 3 m de matériel mal trié : sable argileux, petits graviers, argiles reposant sur 13,60 m de Sables Fauves et Verts. Il faut souligner ici, que l'exposition au sud de la pente concernée par ces coulées, est un facteur favorisant lors des épisodes de fin de cycle froids, l'alternance des périodes gel – dégel, et donc les phénomènes de solifluxion.



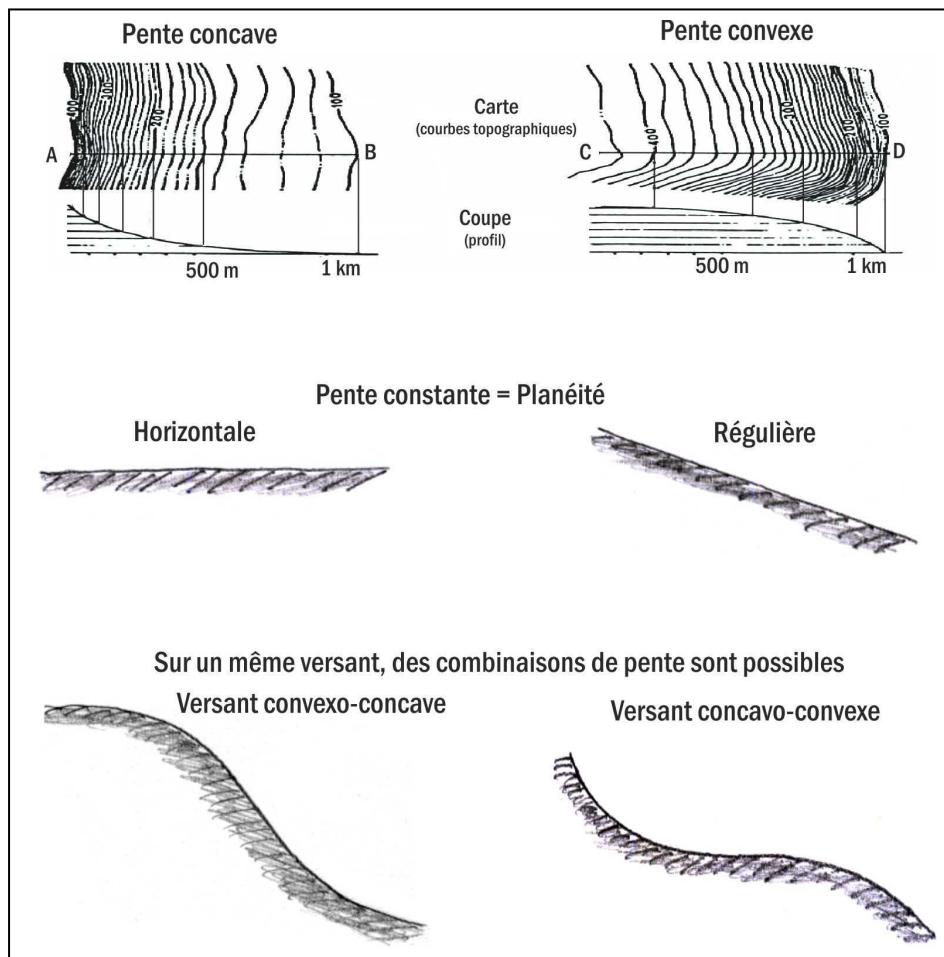
Il est à noter que nous interprétons, ici, les 3 premiers mètres du sondage comme des colluvions de pentes, solifluées, alors que la carte géologique signale des matériaux plioquaternaires en place. Nombreux sont les auteurs qui ont noté l'existence de telles coulées dans le système sédimentaire ouest aquitain : Balland, 1942 ; Legigan, Lenoir, Rigaud, 1974 ; Thibault 1970.

Analyse des pentes

Cet examen a porté sur l'ensemble du contexte local élargi car de grandes surfaces restaient insuffisamment renseignées par les étapes précédentes (dissection par le réseau d'entailles) et une information géomorphologique, pertinente, ne pouvait en être tirée.

3 aspects du système de pentes participent à l'analyse :

- la valeur de la pente en % (mètres de dénivelé par kilomètre),
- les zones d'accélération de décélération ou de constance de la pente (concavité, convexité, planéité),
- l'orientation.



Valeur de pentes

Sur l'ensemble du contexte local élargi, la valeur des pentes varie dans une fourchette assez large : de 0 à localement plus de 20 %, voire localement 50 %.

Les plus fortes valeurs correspondent à des talus après encastrement récent des ruisseaux du système de l'Estampon, ainsi qu'à des reliefs de faible amplitude, allongés d'ouest en est, sur le plateau d'interfluve ou dans la vallée de l'Estampon. Au nord de Lapeyrade, la butte de Lumalous présente des pentes importantes de l'ordre de 40 à 50 % vers le Sud, plus faible (10-12 %) vers le Nord.

Les pentes de valeurs intermédiaires (5 – 25 %) caractérisent le flanc de la rive droite de la vallée de l'Estampon.

Accélération, décélération, constante de la pente

Les pentes en accélération sont celles dont la valeur augmente de haut en bas. Elles traduisent des topographies à convexité vers le haut.

Les pentes en décélération sont celles dont la valeur diminue. Elles correspondent à des topographies concaves.

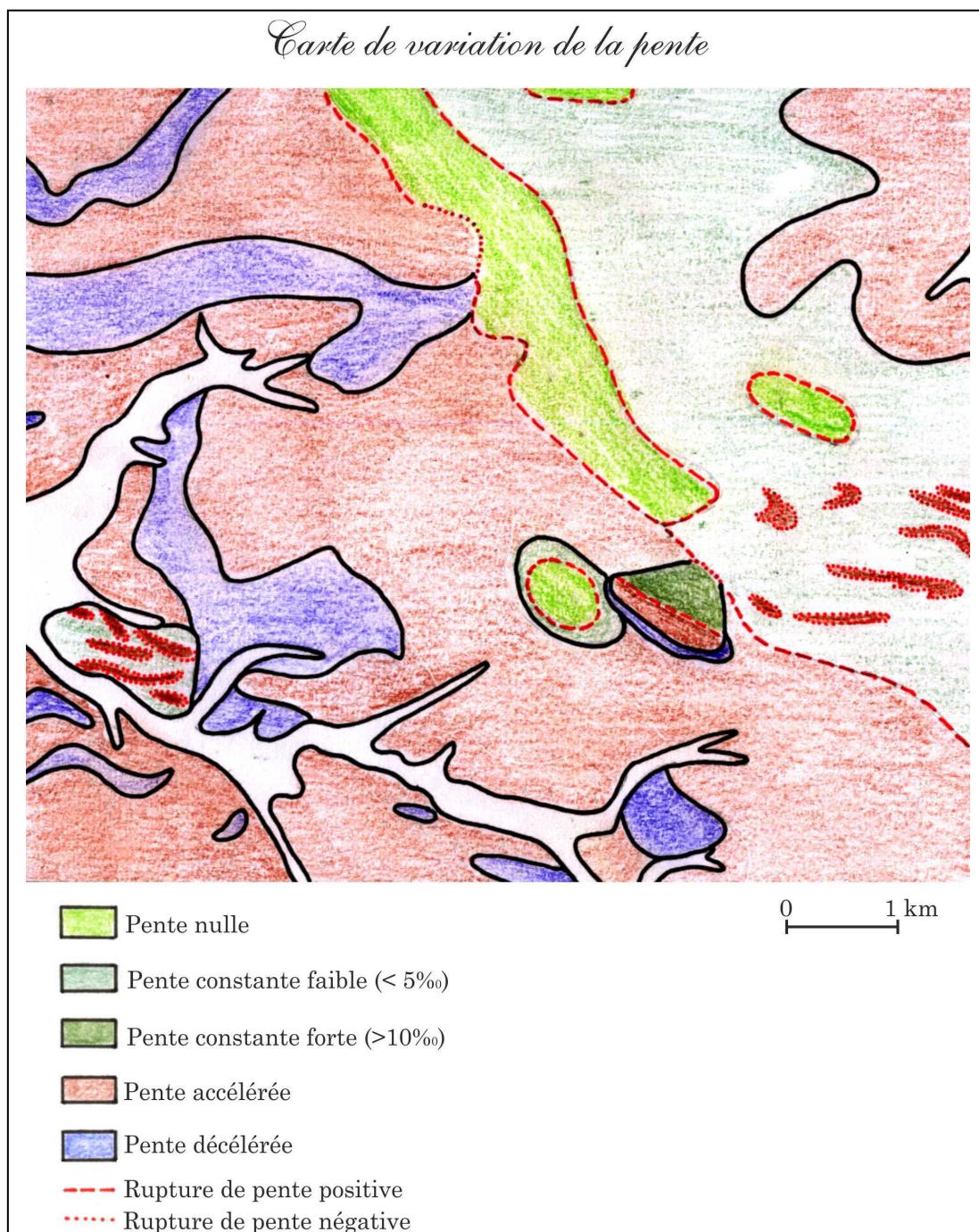
Les pentes de valeurs constantes traduisent des reliefs plats mais pas forcément horizontaux.

Dans le contexte local élargi

Le plateau d'interfluve apparaît très plat, très légèrement pentu vers le Ciron au N-E et horizontal sur une bande bordant le talus supérieur de la vallée de l'Estampon.

Le flanc droit de la vallée de l'Estampon, est essentiellement convexe avec apparition de zones basses concaves, en amont du hameau d'Estampon.

Une zone complexe alternant concavités et convexités orientées Ouest-Est, se développe dans l'angle Nord-ouest du secteur. La butte de Lumalous apparaît bidirectionnelle et dissymétrique : concavo-convexe vers le Sud et plane, nettement inclinée, vers le Nord.



Interprétation géomorphologique

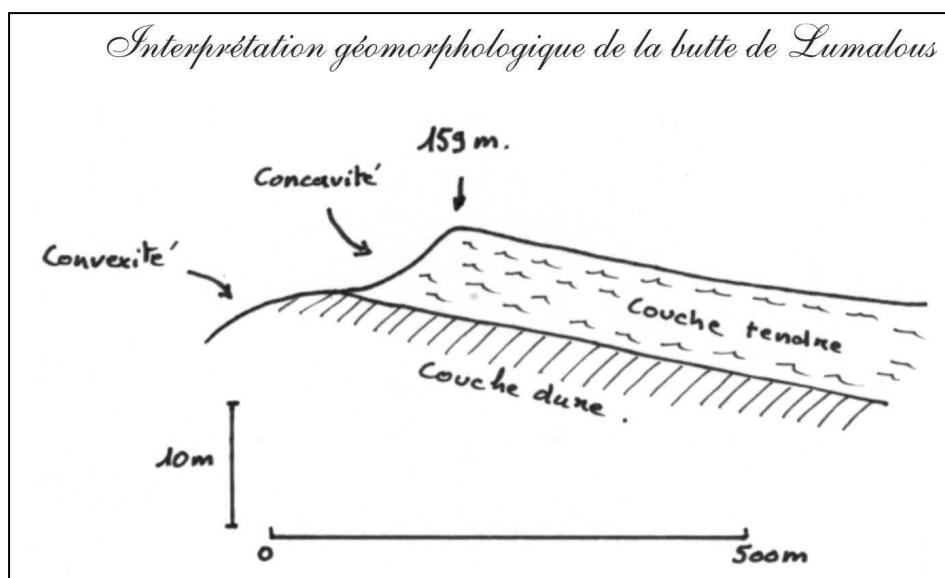
L'analyse des systèmes de pentes permet de préciser l'identification de plusieurs géoformes.

La butte de Lumalous :

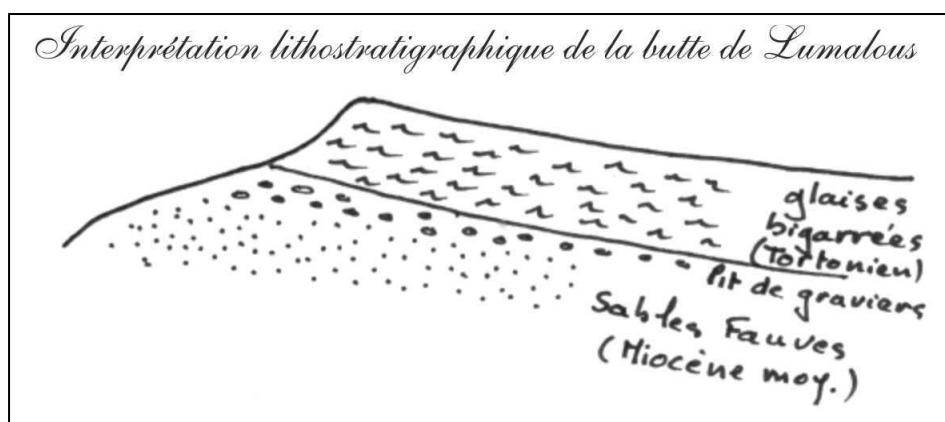
C'est un relief résiduel « oublié » par l'érosion qui constitue le point culminant des landes de Gascogne (159 m). C'est une butte bidirectionnelle, de part et d'autre d'un axe orienté NO – SE, dissymétrique sur 2 aspects :

- Vers le N-E, la pente est régulière et moyenne (10 – 12 %) ;
- Vers le S-O, la pente est forte (40 %) et de type concavo-convexe.

Ce profil topographique suggère un système de deux couches, légèrement inclinées vers le Nord-est : la couche supérieure de plus faible compétence (résistance à l'érosion) que la couche inférieure. L'épaisseur de la couche peu résistante, serait de l'ordre de 5 à 6 m.



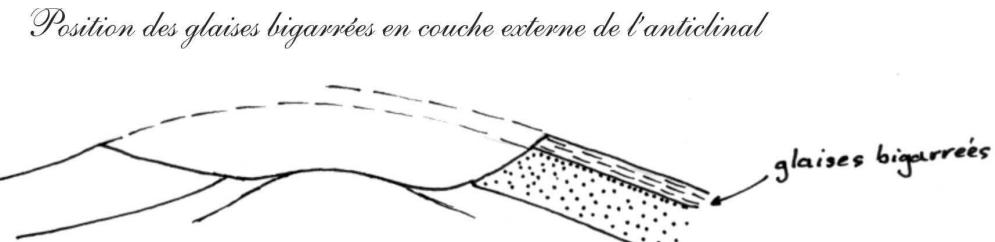
Le sondage 09264 X 0035 implanté sur le sommet de la butte, vient totalement confirmer ce dispositif. Il indique en effet, une couche sommitale de 5 m d'argile tortonienne (les Glaises Bigarrées), sous couverture d'1 m de sable éolien et reposant sur une barre métrique de gros graviers à matrice argileuse. Ceci permet de dresser une coupe lithologique précise de la butte et de l'interpréter sur le plan géomorphologique.



La butte témoin de Lumalous est donc assimilable au reste d'une « cuesta » avec :

- Un crêt à 159 m,
- Un revers nord-est de faible pente,
- Un front sud-ouest de forte pente.

Ce relief doit être mis en relation avec la structure anticlinale de la vallée de l'Estampon, ceci afin de comprendre les raisons de l'inclinaison vers le Nord-est de la couche des Glaises Bigarrées.



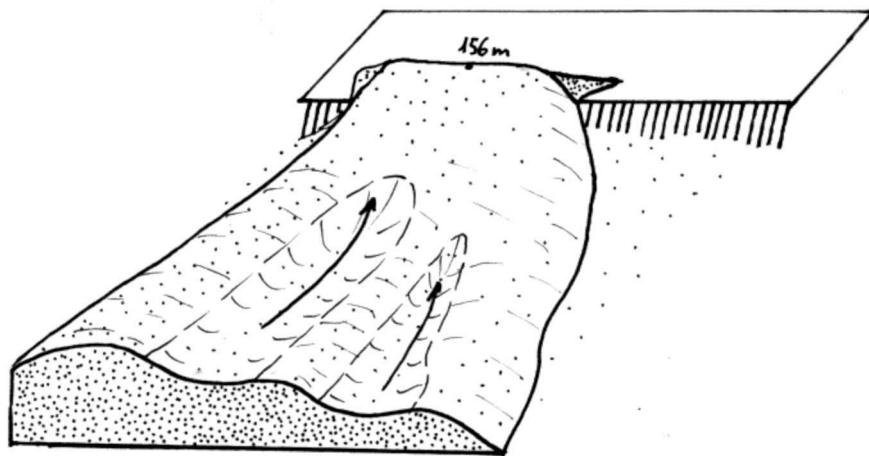
Le relief complexe de l'angle nord-ouest du secteur d'étude (bourg de Losse) :

Ce relief est constitué par l'association, sur une pente de direction générale sud à sud-ouest, de formes concaves et convexes. L'ensemble vient « s'appuyer » sur la limite du plateau d'interfluve Ciron-Estampone en formant une butte de 156 m d'élévation.

Il s'agit d'un relief en « plis de rideaux » caractéristique d'un remodelage éolien d'une dune.

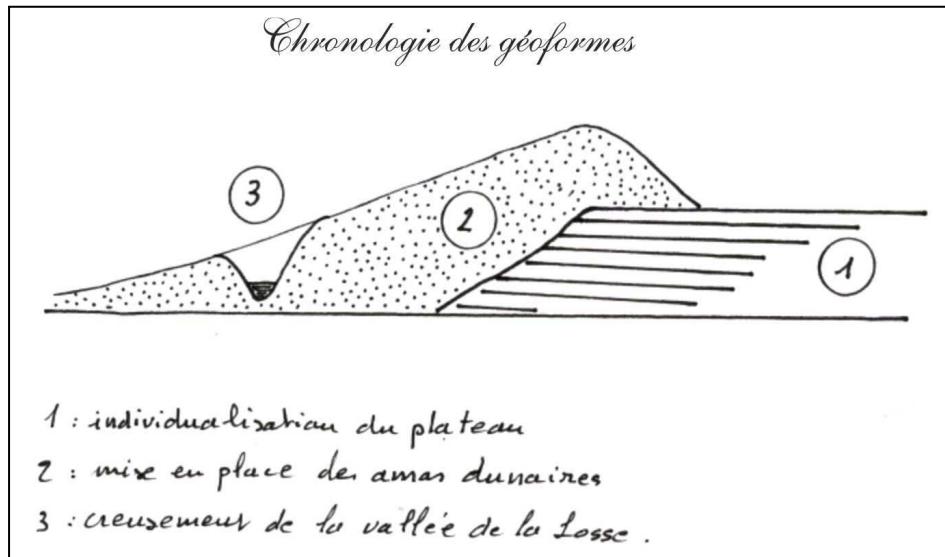
Les zones de concavité correspondent à des creux de déflation et la butte de la cote 156, à une zone d'accumulation débordant sur le plateau dont la bordure est enfouie sous plusieurs mètres de sables.

Le relief dunaire complexe du N.O du secteur d'étude



Cette situation révèle une chronologie :

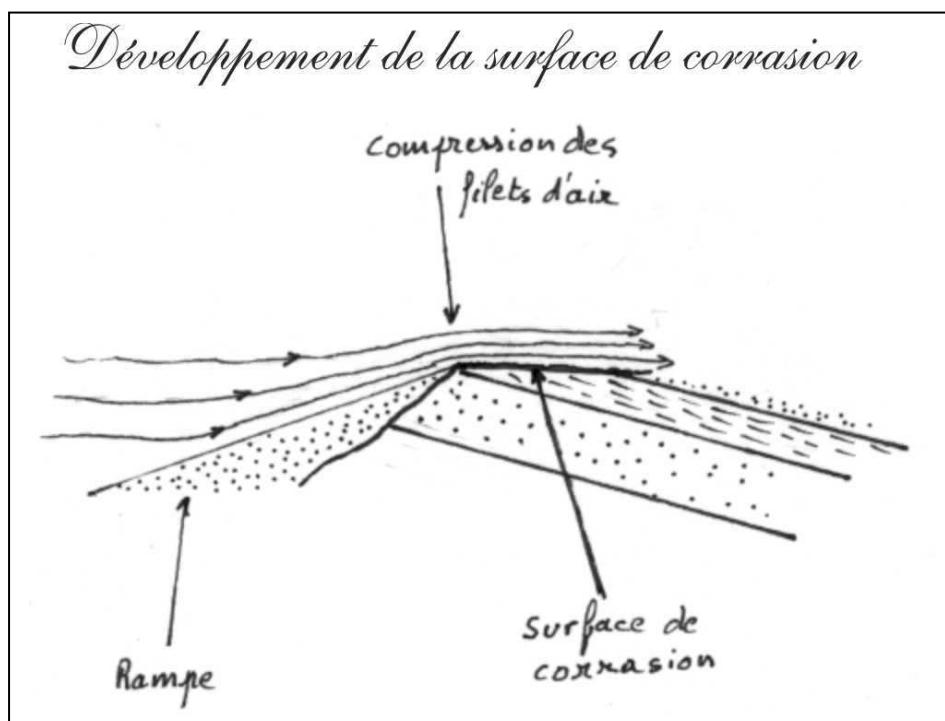
- Le plateau d'interfluve est une forme acquise antérieurement à la principale masse éolienne.
- Le creusement de la vallée amont de la Losse, est postérieur aux phénomènes de construction dunaire.



Ceci permet également d'expliquer les raisons de la dissymétrie du plateau d'interfluve dont la partie horizontale, étroite, est totalement déportée vers l'Ouest.

Lorsque la masse sableuse s'est accumulée sur le front du plateau, elle a constitué une rampe sur laquelle les vents d'ouest ont pu fortement accélérer. La vitesse maximale était atteinte en sommet de rampe sur le contact avec le crêt du plateau.

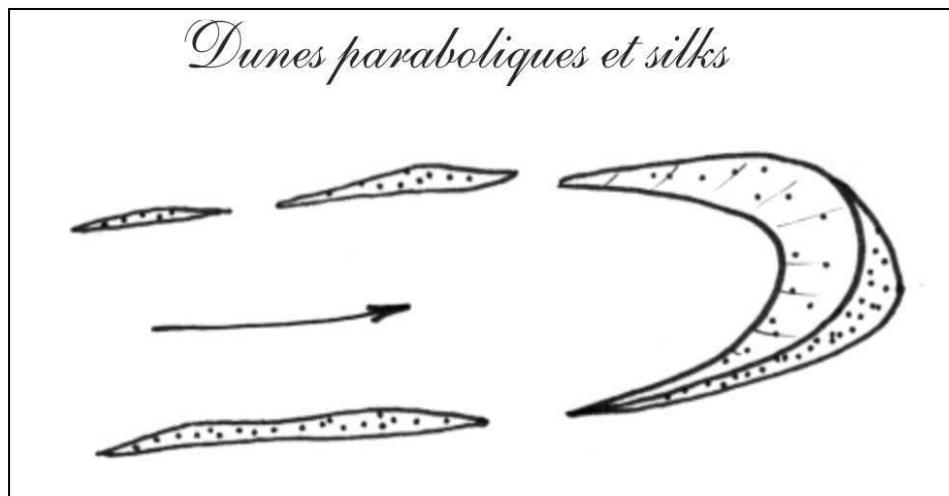
Sur cette zone, le transport, à forte vitesse, des grains de sables, a mené par corrosion, à une usure du crêt et à son aplatissement. Cette corrosion s'est développée depuis la butte témoin de Lumalous, jusqu'au-delà de la limite nord de la zone d'étude. Ainsi s'est créée, dans le système des nappes alluviales anciennes, une surface argilo-sableuse d'une platitude et d'une horizontalité absolue.



Les rides dunaires et les dunes du Gabardan :

A l'est de la butte de Lumalous, dans le secteur de la zone d'activité du Gabardon, se trouve une série de géoformes caractéristiques de dunes continentales de type parabolique. Ce sont des dunes de faible élévation et, à l'origine, d'une très grande mobilité.

Les bras latéraux de ces édifices sont souvent très développés et détachés de la dune. Ils constituent ce qu'en Afrique saharienne, on nomme des silks.



II - Synthèse géomorphologique et implications hydrologiques

Synthèse

L'ensemble des éléments recueillis au cours de l'analyse morphologique mise en perspective avec les données géologiques (coupes de sondages, prospections complémentaires à la tarière de 2,0 m, carte géologique) permet de préciser la disposition géologique de l'ensemble du secteur local élargi.

D'une façon générale, la structure géologique du secteur étudié est commandée par la présence au sud, d'un anticlinal dont l'axe est orienté : N 100 °- E, c'est-à-dire suivant une direction purement pyrénéenne.

Cet anticlinal dont le cœur subaffleurant est constitué de calcaire marneux et/ ou de calcaire gréseux, a été largement évidé et a évolué, géomorphologiquement, vers un système de combe dédoublée et de cluses.

Le flanc nord, le plus externe de cette structure est constitué par l'épaisse formation dite des Sables Fauves (épaisseur de 40 – 50 m). Il se termine par une couche d'argile lourde, bariolée : la formation des « Glaises Bigarrées ». Cette couche qui peut atteindre localement 25 m d'épaisseur, est affleurante à Lumalous. Elle est le dernier témoin du Miocène. Son épaisseur, reconnue par sondage, est, ici, de 6 m.

La série se termine par le dépôt d'un ensemble de terrains d'origine fluviatile, appartenant aux systèmes des nappes alluviales, anciennes. La feuille géologique de Losse (Karnay 1991) identifie ces terrains à la formation dite « d'Onesse ». Cette dernière est constituée de sables argileux, d'argiles sableuses, bleutées, micacées, et de sables.

On est donc ici, en présence d'un anticlinal dont l'évidemment est postérieur à la mise en place de la formation d'Onesse, c'est-à-dire d'âge quaternaire. Le colmatage partiel et tardif de cette forme creuse, s'est fait en 2 temps, suivant 2 modes :

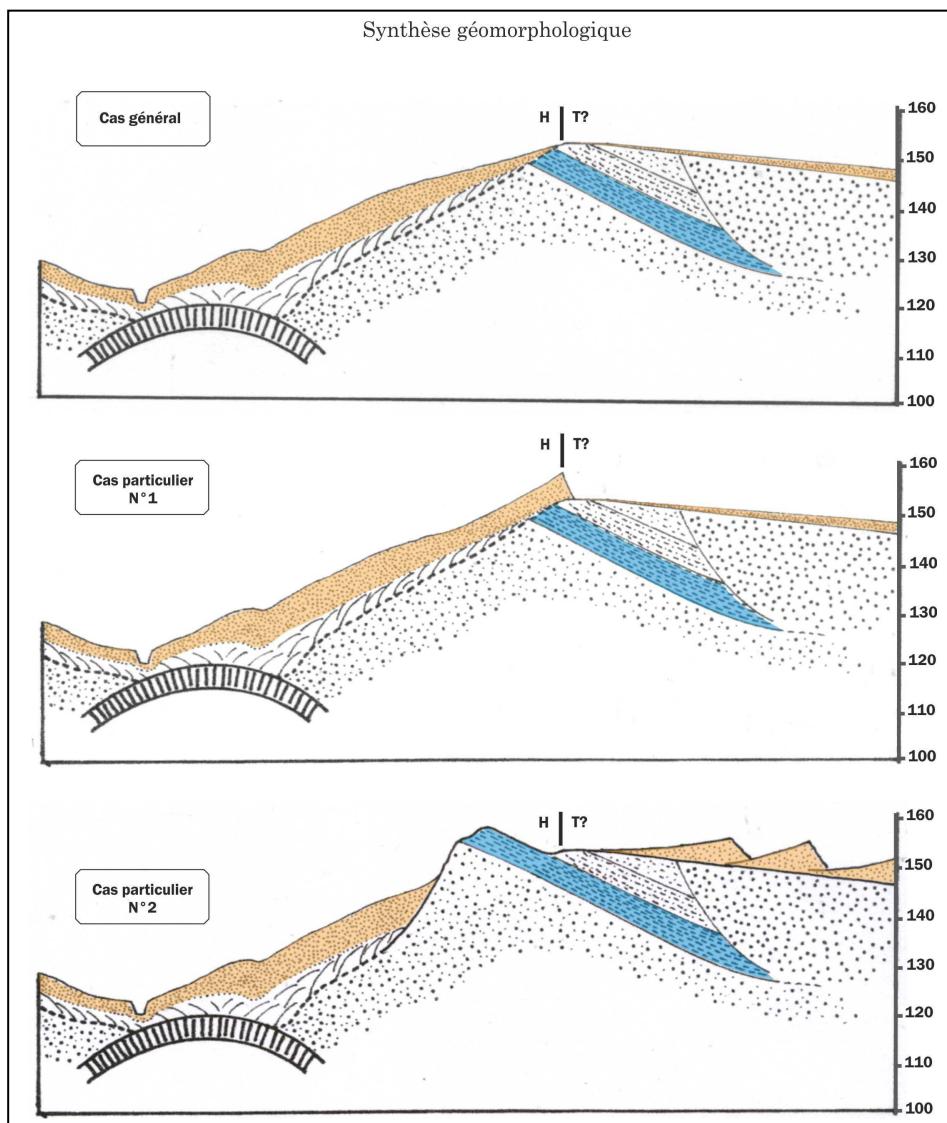
- 1 colmatage par érosion des hauts de pente, taillés dans la formation des Sables Fauves, des Glaises Bigarrées, des alluvions quaternaires, avec formations de coulées boueuses ;
- 1 colmatage par des sables éoliens (Sables des Landes s.s.)

Les sables éoliens nappent, parfois sur plusieurs mètres d'épaisseur, le flanc nord de la structure, les sables fauves et les colluvions qui le constituent. Poussés par les forts vents d'ouest des derniers épisodes glaciaires, ces sables se sont engouffrés dans la vallée de l'Estampon et ont « escaladé » le flanc exposé à l'ouest, flanc dit « au vent ».

Il existe 3 cas de figures :

- La crête topographique consiste en un simple rebord du plateau d'interfluve. Le sable forme une rampe sur la face exposée au vent. Cette rampe atteint le rebord du plateau où se crée une zone de compression et de forte accélération des filets d'air. Les grains de sables sont emportés violemment au ras du sol. Un phénomène de corrosion se développe qui « rabote » le rebord du plateau, formant une surface arasée parfaitement plane et horizontale.
- Parfois, en fin de cycle, une dune se forme sur le bord du plateau.
- La crête topographique est constituée d'une lame de glaises bigarrées faisant saillie et jouant un rôle de brise-vent. A l'arrière de cet obstacle relatif, apparaît une zone légèrement protégée, dite sous le vent, où se déposent les particules de sable formant, alors, un système de petites dunes paraboliques.

C'est le cas aux environs de la butte de Lumalous.



Sur l'aire d'étude, cette surface arasée se développe vers le nord depuis le domaine agricole de Branguet. Sa largeur est de l'ordre du kilomètre.

A la fin de cette période de corrosion, la diminution de la violence des vents ne permet plus aux sables que de grimper la côte en haut de laquelle ils forment un relief dunaire (butte de Bedout à 1 km à l'est du bourg de Losse).

Ceci est très conforme aux observations de Philippe Legigan : « Plusieurs nappes sableuses se succèdent (...). Au nord des Grandes Landes, les grains de quartz portent les marques d'au moins deux épisodes de déflation dont le plus ancien est toujours de haute énergie. » (P. Legigan, 1979, Thèse, p.375)

La carte de valeur de pentes montre également, pour les vents, 2 directions un peu différentes ouest-nord-ouest, pour la direction de haute énergie (orientation des dunes paraboliques de « Gabardan »), et ouest-sud-ouest pour la période un peu plus tardive et de moindre énergie (couloir de déflation du bourg de Losse).

Pour résumer, dans l'aire d'étude, se présentent les témoins de 2 phases climatiques, différentes, responsables de phénomènes variés :

- Une phase initiale, générée par des vents violents, orientés WNW entraînant :
 - Une corrosion de la bordure ouest de l'interfluve Ciron-Estampone, dans les zones non protégées par un relief résiduel,
 - Une formation des dunes paraboliques sur le plateau d'interfluve, dans les zones protégées par un relief résiduel (butte de Lumalous)
- Une phase plus tardive, moins compétente, concernant le nord de la zone, se traduisant par une forte accumulation sableuse et la constitution d'une dune ensevelissant partiellement la zone de corrosion.

Avant d'en venir aux implications hydrogéologiques, une constatation s'impose :

Le principal groupe de lagunes du secteur, est étroitement localisé dans la zone de corrosion. Ces lagunes et les zones humides associées, sont de grande surface (3 à 7 ha), de forme légèrement ovale, ou en bassinet avec de fréquents plans d'eau libre.

Leur dénomination vernaculaire est celle de « bourn » : « Grand Bourn de Jouhanin », « Petit Bourn de Bédout » ...

Décalés à l'est de la zone de corrosion, d'autres ensembles humides se développent. Ce sont des zones humides sans plan d'eau libre. La forme dominante est allongée et quelque peu contournée. L'orientation des axes suit une direction dominante Est-ouest. La surface des zones humides est plus faible, de 1,5 ha à quelques ares.

La dénomination vernaculaire de ces lagunes est souvent celle de « fosse » : « Fosse du Cap de la Serre », « Fosse du Pouy Gajat ».

Ces essaims de zones humides sont, semble-t-il, toujours associés aux zones de formation des petites dunes paraboliques, dunes de Gabardan, ou de rides éoliennes de très faible amplitude. Ils se développent dans les secteurs relativement protégés par les reliefs « hauts » de la bordure du plateau, dans les zones dites « sous le vent ».

Implications hydrogéologiques et hydrologiques

L'histoire géologique et la disposition géomorphologique ont des conséquences d'intérêt majeur sur l'hydrologie régionale. Cette hydrologie régionale est fortement influencée par l'existence d'un imperméable primordial, situé à l'interface Miocène – Pliocène : les Glaises Bigarrées.

La banque du sous-sol du BRGM permet de constater que les Glaises Bigarrées, reconnues à Lumalous (sondage 09264 X 35) sont toujours présentes 2 km plus au nord, sous la surface du plateau d'interfluve (sondage 09264 X 28 et 09264 X 26).

En prospection complémentaire, nous avons reconnu cette formation, dans le fossé exutoire de la source de Losse, immédiatement à l'est du bourg. Des sondages à la tarière de 2 m, ont montré qu'elles étaient recouvertes par une formation sableuse et sablo-argileuse, grossière. Vers l'est, ces argiles se perdent très vite sous les alluvions quaternaires et deviennent inaccessibles à la tarière à main.

On les retrouve également, avec le même moyen, sous une faible épaisseur de sables à Crabebelle et aux abords de la centrale photovoltaïque.

On a donc affaire ici, à une formation assez largement étendue pour être considérée comme continue sur le plan local élargi.

La disposition géométrique de cette formation notamment son pendage est un élément important à définir.

Les trois forages de la BSS ayant reconnu cette formation, permettent d'en fixer la base à des cotes variables :

Forage 26: + 133, 0 m NGF

Forage 28: + 127, 8 m NGF

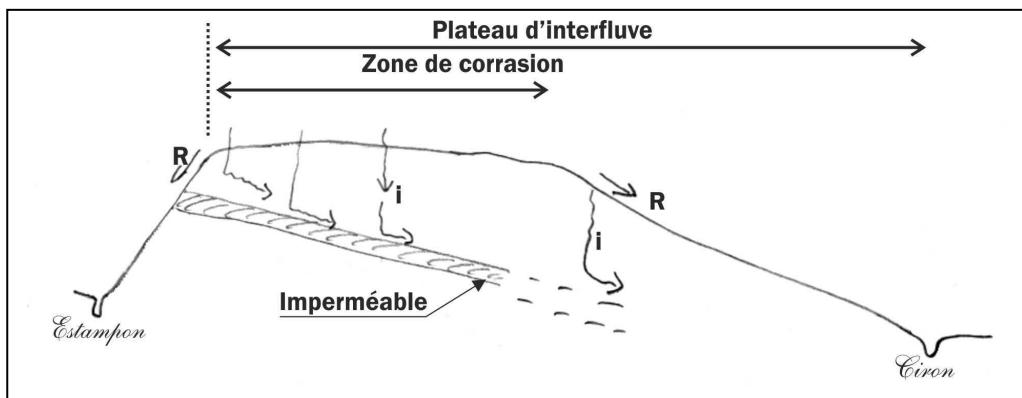
Forage 35 : + 152,0 m NGF

Un simple calcul géométrique permet de définir :

- Une direction d'horizontalité de couche de N 120°E

- Un pendage (plongement) de 1 %, de direction N 30°E

Autrement dit, pour les eaux infiltrées en surface ; dans la couverture des sables éoliens et dans les alluvions des nappes plioquaternaire, la séparation des bassins versants du Ciron et de l'Estampon se fait au droit de la bordure ouest de la zone de corrosion.



De par sa dissymétrie topographique et hydrogéologique, tout le plateau d'interfluve est drainé par le Ciron.

Pour les objectifs de l'étude qui sont de définir le fonctionnement hydrogéologique global du secteur des lagunes de Losse, préalablement à la mise en œuvre d'actions de préservation et/ ou de restauration, ce résultat est d'une importance majeure. Il permet de simplifier considérablement l'approche quantitative des débits initiaux, liés au drainage naturel de la nappe du Plioquaternaire.

Au regard de l'analyse des entailles hydrographiques et érosives, il permet de confirmer que les éléments du réseau hydrologique actuel, drainant en profondeur le plateau d'interfluve en direction de l'Estampon, ne sont pas naturels et ne respectent pas le fonctionnement hydrologique initial dans lequel les lagunes de Losse trouvaient leur place et leur équilibre.

III - Etude pédologique dans l'environnement de l'essaim de lagunes

Sur le plan géomorphologique, le secteur étudié correspond en totalité, au plateau d'interfluve Ciron-Estampone.

Inventaire des types pédologiques

Sept principaux ensembles de sols ont été distingués.

➤ Des sols de type HISTOSOLS

Ce sont des sols développés en milieu en permanence à saturation hydrique, l'eau est très proche de la surface, voire même peut remonter au dessus du sol. Compte tenu de cette saturation responsable de conditions anoxiques et des caractères acide et peu minéralisé de la nappe, les matières organiques ne se dégradent que lentement et s'accumulent en surface. Elles forment une couche tourbeuse dont l'épaisseur varie de 10 à 60 cm.

Deux cas ont été rencontrés :

- L'horizon sableux, situé sous la tourbe, présente un aspect « sale », avec des taches aux contours diffus, de couleur brun-grisâtre. Ce cas est systématiquement associé à un niveau d'eau très élevé (sondages à proximité immédiate du plan d'eau).
- L'horizon sableux présente un aspect plus nettement coloré, assez uniforme, jaunâtre. Ce cas est associé à des situations où la nappe est plus profonde, environ 60 cm.

➤ Des PODZOSOLS duriques ou meubles

Ce sont des sols caractérisés par une association d'horizons caractéristiques :

A / Ct / BP h / BP f / C

A : horizon humifère de surface

Ct : horizon de transit des composés humiques solubles

BP h : horizon d'accumulation des composés humiques, complexés avec le fer ;

BP f : horizon d'accumulation des oxydes et hydroxydes de fer ;

C : roche-mère, sableuse.

➤ Des PODZOSOLS ocriques

Il s'agit de sols présentant la séquence suivante :

A / C coloré / C

L'horizon C coloré est, ici, un sable présentant un début d'accumulation en fer ferrique. Sa couleur est jaunâtre à jaune-orangé.

➤ Des PODZOSOLS humiques ou humoduriques

La succession est la suivante :

A / BP h / BP f / C

Pour les PODZOSOLS humiques, les BP sont tendres, pour les PODZOSOLS humoduriques, les BP sont indurés.

➤ Des ALOCRISOLS

Il s'agit de sols à profil plus simple de type :

A / C sale / C

Le C sale est un sable identique à la roche mère C mais assez nettement marqué par des substances organiques solubles. La couleur est brune à grise avec de très nombreuses taches, au contour indéfini, en « peau de léopard ».

Répartition des sols et expression cartographique

A la fin de la phase de prospection des sols, il nous a fallu procéder à une réduction des objectifs de l'étude et renoncer à l'établissement d'une cartographie de la répartition des divers sols identifiés.

Il y a à cela, plusieurs raisons :

Les conditions de niveau de nappe durant l'automne et le début de l'hiver 2013, avec des niveaux toujours hauts dans le sol. Ceci nous a, bien souvent, empêchés de reconnaître tous les horizons présents.

Hormis pour les PODZOSOLS duriques et meubles, toujours associés à des reliefs positifs, et pour les HISTOSOLS toujours associés à des dépressions humides ou en eau, on s'est heurté à l'impossibilité de trouver un fil conducteur permettant d'interpoler, entre 2 sondages, ou d'extrapoler, au-delà d'un sondage, les limites des sols reconnus.

Cela tient au fait que la surface unitaire (surface occupée autour du sondage par le sol décrit) est beaucoup plus faible que la surface de la maille de prospection (6 à 7 ha).

Aussi, a-t-il été, au sein des zones plates de l'interfluve, impossible de décrire et comprendre la variabilité des sols, à partir de la seule campagne de sondages à la tarière.

Nous avons donc, à cette fin, procédé différemment en étudiant la variation des sols sur les coupes de fossés.

Le fossé de la piste de l'Aygue Loungue à quelques dizaines de mètres de la route de Losse à Lubbon, s'est, à cet effet, révélé très instructif.

Coupe du fossé de la piste de L'Aygue loungue

Cette coupe montre l'association sur une très faible distance de plusieurs types de sols.

Coupe du fossé de la piste de l'Aygue Loungue - Interprétation pédologique

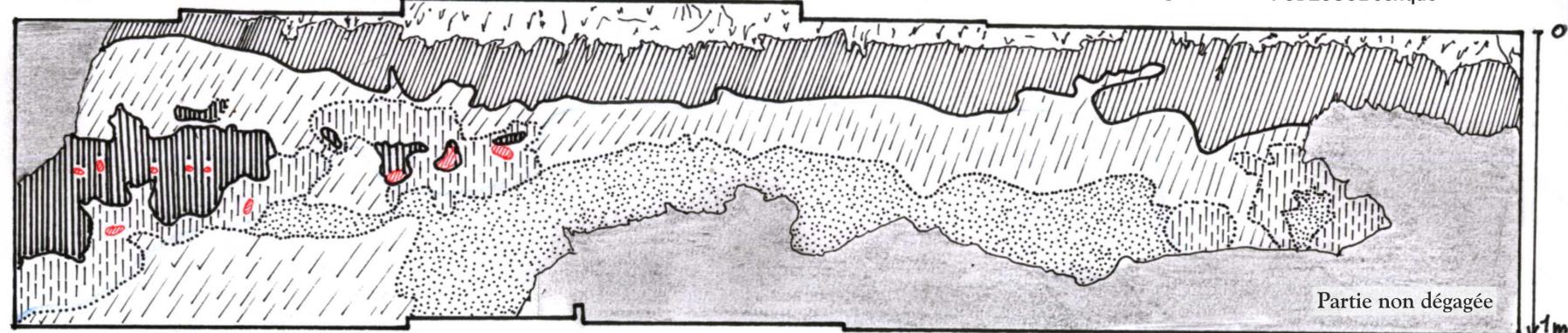


PODZOSOL ocrique
PODZOSOL durique

ALOCRISOL
PODZOSOL ocrique

ALOCRISOL

ALOCRISOL
PODZOSOL ocrique



A



C sale



BP f dur



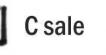
C coloré



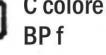
C sale



A



C sale



C coloré +
BP f



C



A



C sale



C



A



C sale



C coloré



C

Plateau racinaire

➤ Côté nord, le profil du sol est simple :

- A : Horizon sableux, organique, très foncé presque noir ;
- Cs : C sale : horizon sableux, blanc-jaunâtre, avec des taches de coloration par des matières organiques solubilisées ; l'aspect général est « sale » ;
- C : Roche-mère constituée d'un sable blanc quartzeux.

Ce profil est celui d'un ALOCRISOL présumé.

La dynamique de ce sol avant drainage nous semble être la suivante :

- L'horizon C est en permanence en eau ; le fer est sous forme ferreuse (Fe^{2+}) soluble et mobile ;
- L'horizon Cs correspond à la partie supérieure de la nappe dans laquelle arrivent des composés organiques, solubles, depuis l'horizon sommital ;
- L'horizon superficiel A correspond à la frange de remontées capillaires où se font l'oxydation et l'insolubilisation du fer ;

On est ici, dans un cas de figure où le niveau de la nappe est, en permanence, très haut dans le sol et baigne, au moins une grande partie de l'année, la base de l'horizon organique.

➤ Côté Sud, le profil est plus complexe

Cette complexité est due à l'apparition d'horizons plus ou moins colorés en jaune et orange, par les oxydes de fer.

Cette coloration associée à des traces de passages racinaires, établis en plateau, correspond à deux stades de concentration en oxydes de fer :

- Un stade de coloration homogène, diffuse, jaune-orangé, sans induration : C coloré
- Un stade de coloration hétérogène, jaune à orange vif en auréoles, avec une nette induration : BPf ;

Ces niveaux colorés par le fer oxydé, se développent dans l'horizon C_{sale} d'un ancien ALOCRISOL en continuité avec celui décrit au Nord de la coupe.

Suivant le degré et le mode de coloration, ainsi que le niveau d'induration des horizons d'accumulation du fer, on peut décrire deux types de sols :

➤ PODZOSOL ocrique, de profil A / C_{coloré} ou BP_{meuble} / C

Ici, le niveau de la nappe semble s'être abaissé par rapport à l'ALOCRISOL voisin, tout au moins la nappe connaît un étiage plus important. L'horizon C_{coloré} correspond à la zone de remontées capillaires et à la précipitation du fer sous forme d'oxydes et d'hydroxydes colorés. Cet horizon C_c ne connaît pas de période d'assèchement assez longue et intense permettant l'induration.

➤ PODZOSOL durique caractérisé par un horizon aliotique BPf dur

Cet horizon BPf est très coloré, orange vif, et nettement induré. Il est ici associé à l'existence d'un plateau racinaire dont les traces sont très visibles. Son développement nous semble associé à un abaissement localisé mais assez fort de la nappe, dû à un pompage par une végétation arborée dont le système racinaire s'est mis en place dans l'horizon C_{sale} de l'ALOCRISOL.

Le pompage de l'eau du sol, par évapotranspiration, permet la mise en place autour des racines, d'une zone d'oxygénation et la formation d'un alios.

En résumé

Sur ce secteur très plat de la lande, le sol initialement mis en place, correspond à un niveau de nappe très élevé venant baigner la base des horizons organiques de surface. C'est un ALOCRISOL présentant un seul horizon caractéristique (C sale) entre l'humus de surface et la roche-mère.

La mise en place d'ilots boisés a, en seconde étape, permis des abaissements sensibles mais ponctuels, de la nappe par effet de succion et d'évaporation. Il s'en est suivi, dans la zone d'influence racinaire, une oxygénation de la solution du sol, une oxydation du fer et une précipitation de celui-ci sous forme d'oxydes et d'hydroxydes.

Ainsi, dans un contexte permettant la formation d'un ALOCRISOL généralisé, la mise en place et le développement d'ilots boisés ont favorisé la genèse de nouveaux sols de type PODZOSOL, caractérisés par des horizons d'accumulation de fer. Ces sols montrent une augmentation du nombre d'horizons caractéristiques au fur et à mesure qu'ils s'éloignent de la zone des ALOCRISOLS purs.

On est ici, en présence d'une séquence de sols qui est en totale conformité avec les observations de J.P. Legros, (2007). Dans son ouvrage « Les Grands sols du Monde », cet auteur utilise une séquence identique, dans le Massif Central, pour expliquer le phénomène de podzolisation primaire. La séquence de sols y a une origine altimétrique et climatique (climatosequence). Dans notre cas, la séquence de sols a une origine liée à la profondeur de la nappe, en relation probable avec des variations très ponctuelles d'évapotranspiration.

Ces observations et la mise en évidence de cette « piézo-séquence » de sols confirment donc ce que nous avions pressenti sur le CTPE de Captieux :

- Dans les zones où le bilan hydrique favorise un niveau en permanence élevé dans le sol (zone creuse proche du réseau hydrographique permanent à Captieux et plateau d'interfluve mal drainé de Losse), il est impossible sauf sur de très petites surfaces, de différencier cartographiquement les ALOCRISOLS des PODZOSOLS ocriques.
- L'apparition sur ces zones de sols à profils plus différenciés (PODZOSOL durique et humodurique) doit être mise en relation avec l'apparition de bosquets arborés dans un milieu marécageux.
- Sur le plateau d'interfluve, le passage d'un ALOCRISOL aux PODZOSOLS ocriques puis duriques se fait sur quelques mètres. Etablir une cartographie de ces différents types, à l'échelle d'un territoire de plus de quelques ares, est une impossibilité matérielle.
- La mise en place de petites dunes ou de rides éoliennes sur le plateau d'interfluve a, en provoquant un rehaussement de la surface, permis le développement de sols de type PODZOSOL à horizon éluvique, de type meuble ou durique.

Dans le cas où le sol se développe en dehors de l'influence de la nappe située très profondément, se pose la question de l'origine du fer dans les profils.

Deux hypothèses ont pu être formulées :

- Des apports de poussières ferrugineuses depuis l'Afrique du Nord et l'Espagne (pluies de sables «)
- Des apports depuis l'Ouest où des phénomènes de déflation ont pu décaper des sols anciennement formés, et remobiliser des hydroxydes de fer « piégés » au niveau d'anciens horizons aliotiques.

Conclusion relative à l'étude des sols

Hormis les systèmes dunaires et de rides éoliennes, le plateau d'interfluve Ciron – Estampon entre Losse et Lubbon présente des sols dont la formation et l'évolution, ont été commandées par un niveau de nappe en permanence élevé.

➤ Sur les zones les plus planes, le niveau d'étiage devait se situer vers 0,4 m de profondeur dans les zones à couverture herbacée, et vers 0,7 – 0,8 m dans les secteurs de développement arbustif. Dans les zones creuses, le plan d'eau devait être en permanence au contact de l'horizon tourbeux des HISTOSOLS voire même au dessus.

Aussi, les conclusions d'H. Enjalbert fixant un niveau d'étiage moyen dans la lande humide, à 60 cm de profondeur avec des débordements de nappe en période hivernale, semble être très cohérent.

Nous retiendrons donc cette profondeur moyenne d'étiage pour l'établissement du bilan hydrique.

➤ Au niveau des lagunes et des zones humides, un niveau pédologique constitué de sables légèrement colorés a été systématiquement mis en évidence sous les niveaux organiques.

Ce niveau dû à l'oxydation du fer n'a pu se former que suite à un abaissement général de la nappe. Cet abaissement récent, à l'étiage, est de l'ordre de 60 cm.

Le rétablissement de la fonctionnalité des lagunes et des zones humides impose d'y faire remonter le plan d'eau d'une valeur au moins égale à 60 cm.

QUATRIÈME PARTIE

FONCTIONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DU PLATEAU D'INTERFLUVE CIRON-ESTAMPON

Principe de la reconstitution du fonctionnement hydrogéologique

L'analyse conjointe des aspects géologique, géomorphologique, hydrologique et pédologique a mené à concevoir, sur le plateau d'interfluve, une organisation simple des éléments influant sur l'écoulement des eaux.

On distingue de bas en haut :

- Un niveau argileux, les glaises bigarrées, épais, imperméable et pentu (10 – 12 %) vers l'Est,
- Un ensemble correspondant aux formations plioquaternaires deltaïques dites d'Arengosse et d'Onesse. Cette dernière présente un niveau sommital, préservé, constitué par des argiles sableuses,
- Un ensemble de sables moyens (250 à 300 µm), appartenant à la formation dite de Castets, ici largement éolisée. L'épaisseur de ces sables éoliens varie sur le plateau d'interfluve entre 0 et 2 m.

Les formations deltaïques (Arengosse, Onesse, Castets) constituent un aquifère multicouche, au sein duquel les réservoirs sableux ou graveleux peuvent être plus ou moins connectés (Corbiers P. et Karnay G., (2010).

Au vu de la disposition géométrique, les nappes superposées des formations d'Onesse, d'Arengosse et de Castets s'écoulent vers l'Est et le Ciron.

Compte-tenu de sa position sommitale dans le Triangle Landais, le secteur étudié ne reçoit pas d'eau depuis les zones périphériques ; les nappes ne sont alimentées que par les précipitations.

Le principe de reconstitution du fonctionnement initial est donc assez simple. Il vise à reconstituer le battement mensuel moyen de la nappe superficielle dans le sol et au dessus du sol en cas de débordement ;

Il intègre :

- en « entrée », la précipitation mensuelle moyenne,
- en « sortie » :
 - L'évapotranspiration
 - L'infiltration vers les nappes d'Onesse et d'Arengosse depuis la formation superficielle des sables de Castets,
 - La vidange latérale de la nappe des sables éoliens,
 - Le ruissellement en surface.

Le modèle est calé à l'aide des données pédologiques indiquant le niveau de l'étiage dans les sols de l'interfluve, soit 0,6 m en moyenne sur le secteur.

Les précipitations

Elles sont issues des données statistiques de Météo-France pour la station de Roquefort (période 1988-2000)) et extraites de l'étude préalable à la réalisation des Documents d'Objectifs pour le site Natura 2000 du Champ de tir de Captieux (ONF 2000).

La lame d'eau précipitée annuellement est de 951 mm.

Sa répartition mensuelle est la suivante :

Janv.	Fév.	Mar*	Avr.	Mai	Jun.	Jui.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
67	73	57	102	70	80	57	66	80	90	122	87

* : Le creux pluviométrique du mois de mars est surprenant mais confirmé par un évènement récurrent, similaire, bien que plus faible, à Mont-de-Marsan (1949-2004) et Luxey (1975-2000).

L'évapotranspiration

Il s'agit de l'évapotranspiration liée à un système à 3 couches : plantation de pins adultes sur une lande humide, à couverture basse de molinie. Nous posons, ici, l'hypothèse que le secteur était sous couvert forestier généralisé.

L'ETR (EvapoTranspiration Réelle) annuelle, actuelle a été détaillée de la façon suivante par V. Moreaux, (2012)

- Transpiration des pins : 390 mm
- Transpiration molinie : 133 mm
- Evaporation directe après interception par la végétation : 103 mm
- Evaporation du sol : 163 mm.

L'ensemble représente, annuellement, 789 mm. Cette valeur est identique, à 3 % près, à la valeur de l'ETP (EvapoTranspiration Potentielle), calculée à la station de Mont-de-Marsan pour la période 1949-2004, soit 812 mm.

Nous avons donc repris pour Losse, la répartition annuelle de l'évapotranspiration à Mont-de-Marsan.

Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun.	Jui.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
12	23	57	77	115	126	147	116	80	40	12	7

Infiltration profonde vers la nappe des formations d'Onesse et d'Arengosse

Cette nappe a, sur le site d'étude, une épaisseur de l'ordre d'une quinzaine de mètres, sur le site d'étude, et s'écoule, au dessus des glaises bigarrées, vers l'Est. Il s'agit d'une nappe libre. Son gradient (pente) proche de la pente topographique est de $2 \times 10^{-3} \text{ m.m}^{-1}$.

Compte tenu des conditions d'alimentation et de vidange, le volume entrant est le même que le volume de sortie. Il est ici, plus simple de calculer ce dernier. La surface verticale à travers laquelle se fait l'écoulement, est de $4,5 \times 10^4 \text{ m}^2$. Etant donnée la forte représentation locale des graviers dans la série sédimentaire (forage n° 0028), la perméabilité est estimée à 10^{-4} m.s^{-1} .

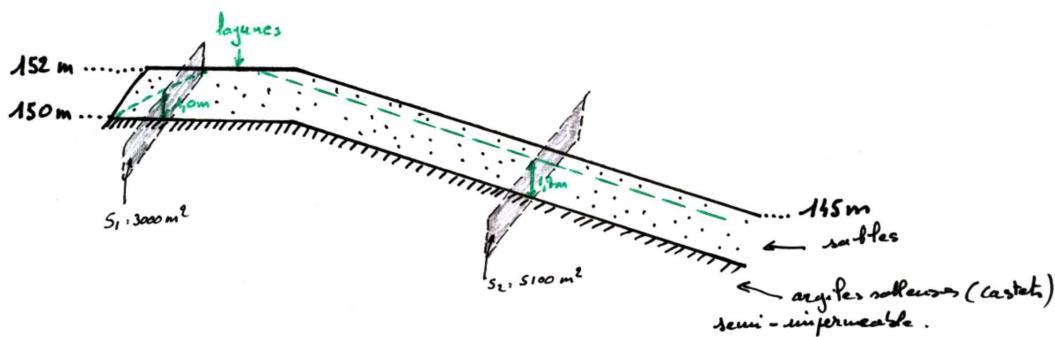
Le débit est, suivant ces valeurs, calculé à $9 \times 10^{-3} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, soit un volume mensuel écoulé de 23 328 m³.

Si on rappelle que cette nappe est, du fait de la situation géomorphologique du site, alimentée uniquement par drainance depuis la nappe superficielle du Sable des Landes s.s, on en déduit que répartis sur les 800 ha du site étudié, ces 23 328 m³ soutirés représentent une lame d'eau de l'ordre de 3 mm. Remarquons tout de suite que ce soutirage par les nappes « profondes », est exactement le même que celui que nous avions calculé à Captieux.

Vidange latérale de la nappe phréatique (nappe du sable des Landes s.s.)

Les sables éolisés ont une épaisseur qui a été définie par sondage à la tarière à main et par l'étude des forages agricoles du secteur. La moyenne de cette épaisseur est fixée à 2 m.

La disposition des couches est la suivante :



Ce dispositif induit, depuis la zone des lagunes, des pertes par filtration latérale dans le sable des Landes, d'une part vers l'Ouest et d'autre part, vers l'Est et la vallée du Ciron.

Vers l'Ouest :

- La pente de la nappe est importante : $2 \text{ m} / 1200 \text{ m}$ soit $1,7 \times 10^{-3}$
- La profondeur de la nappe est en moyenne de 1 m. La puissance moyenne de la nappe est de 1 m.
- La section mouillée sur l'ensemble de l'aire d'étude est de 3000 m^2 .
- Dans ces conditions, on calcule un volume mensuel écoulé de l'ordre de 4000 m^3 .

Vers l'Est :

- La pente de la nappe est très proche de la pente topographique, environ $1,7 \times 10^{-3}$
- La nappe varie entre la surface du sol et 0,60 m de profondeur (cf.chapitre « Pédologie »). La profondeur moyenne est de 0,3 m. La puissance de la nappe est de l'ordre de 1,7 m.
- La section mouillée est de 5100 m^2 .
- On calcule un volume mensuel écoulé de l'ordre de 6600 m^3 environ.

Le volume total écoulé latéralement dans le sable des Landes (s.s.), est donc de l'ordre de 10600 m^3 mensuels.

Répartis sur les 800 ha de l'aire d'étude, cela représente une lame d'eau équivalente d'environ 1,5 mm.

L'ensemble de ces pertes mensuelles par vidange des nappes est donc l'équivalent de 4,5 mm que nous arrondissons à 5 mm.

Porosité du Sable des Landes

La partie supérieure de la formation du Sable des Landes correspond, d'une part, aux horizons superficiels des sols et, d'autre part, à la zone de battement de la nappe. Ces horizons superficiels sont constitués d'un squelette quartzé à faible variation granulométrique et de particules organiques de tailles très diverses. Les particules organiques, fines, peuvent ainsi occuper les vides entre les grains de sables et réduire la porosité de l'ensemble. Nous avons arrêté une porosité de 20 %, valeur fréquemment admise pour le Sable des Landes.

Niveau d'étiage de la nappe

L'étude pédologique montre que la base des horizons podzoliques (BP) correspond au niveau moyen initial, avant aménagement et plantation des landes, de la nappe en période d'étiage. Sur le plateau d'interfluve de Losse-Lubbon, ce niveau est en moyenne à 60 cm de profondeur.

Le ruissellement de surface

L'étude du CTPE de Captieux a montré que le ruissellement « hortonien », lié à une intensité de la pluie supérieure à la perméabilité du sol, était un phénomène limité dans le temps et l'espace, ne se déclenchant que lors de pluie type orage ponctuel. Inversement, le ruissellement par débordement de la nappe se produit régulièrement en période de fort excédent hydrique. Ce ruissellement dit « hewlettien » est donc essentiel dans l'établissement d'un bilan. Ce bilan annuel repose donc sur l'intégration de l'ensemble des données ci-dessus évoquées. Le bouclage correct du cycle annuel, moyen dépend d'une valeur essentielle : la proportion de la lame d'eau excédentaire qui ruisselle une fois le sol saturé jusqu'à la surface. Cette proportion est définie par essais successifs jusqu'à trouver la valeur qui permet de retrouver, en fin de cycle, un niveau de nappe identique à celui de départ.

II – Résultats

En estimant après plusieurs essais qu'il est nécessaire, pour boucler correctement le bilan, d'éliminer, par ruissellement de surface, 35 % de la lame d'eau excédentaire (au dessus du niveau du sol) on obtient le bilan annuel moyen suivant :

Mois	P (pluie, mm)	ETP (mm)	V (mm) Vidange par les nappes	P-(ETP+V) (mm)	Niveau de la nappe par rapport au sol (mm)
Fin septembre					-600
Oct.	90	40	5	+45	-375
Nov.	122	12	5	+105	+20
Déc.	87	7	5	+75	+68
Janv.	67	12	5	+50	+101
Fév.	73	23	5	+45	+130
Mar.	57	57	5	-5	+125
Avr.	102	77	5	+20	+138
Mai	70	115	5	-50	+88
Jun	80	126	5	-51	+37
Jui.	57	147	5	-95	-290
Aoû.	66	116	5	-55	-365
Sep.	80	80	5	-5	-590

L'erreur de bouclage est inférieure à 2 % ; elle est due aux approximations liées à la méthode. Le plan d'eau passe donc au dessus du sol en novembre et y reste jusqu'en juin, avec un maximum en avril.

Discussion des résultats

Le tableau précédent fait apparaître une période de 8 mois pour laquelle le niveau de la nappe, en conditions non perturbées, se trouvait au dessus du niveau du sol. Cela ramène au dicton des

pèlerins de Saint-Jacques de Compostelle cité par Enjalbert (1960) : « *et quand nous fûmes dans la lande, avions de l'eau jusqu'à mi-jambe* ».

Cet auteur écrit également (p.316) : « *Elles [les eaux pluviales] l'imbibent [le sol] pendant quatre à six mois et le niveau piézométrique oscille à faible profondeur au dessous de la surface pendant presque tout le reste de l'année ; l'inondation résulte d'une forte montée de la nappe phréatique qui, à moment donné, recouvre le sol* ».

« *en dehors des périodes d'inondations, c'est à faible profondeur (entre 20 et 60 cm) que se situe le niveau piézométrique* ».

En dépit de cette (trop ?) parfaite concordance, quelques points sur l'établissement de ce bilan, doivent être expliqués et critiqués. Si les données climatiques, précipitation et évapotranspiration, sont parfaitement étayées, il reste des approximations dans l'appréciation des autres paramètres :

➤ La vidange de la nappe du Plioquaternaire sous le Sable des Landes

Partant du fait que la variation intermensuelle du toit de la nappe était faible au regard de l'épaisseur globale des aquifères, elle a été négligée ; C'est une première approximation.

➤ La vidange latérale de la Nappe du Sable des Landes

Cette vidange a été calculée en intégrant une valeur d'épaisseur estimée en fonction des quelques données de forages disponibles à la Banque du Sous-Sol. Les sondages à la tarière à main n'ont pas permis de reconnaître précisément et systématiquement la base des Sables des Landes.

Aussi, la variation relative mois après mois, de la section mouillée est-elle étudiée, car ramenée à une valeur moyenne constante.

➤ La lame d'eau ruisselée en surface lors des périodes d'inondations

Un calcul rigoureux de ce paramètre aurait dû intégrer de très nombreux paramètres :

- L'écoulement de l'eau sur une surface inclinée est un mouvement accéléré ; en aucun point, entre le sommet et le bas de pente, sa vitesse n'est la même.
- L'eau est un corps déformable et l'épaisseur de la lame d'eau qui s'écoule est également variable en fonction du temps et de sa position sur la pente ;
- La rugosité du sol est un paramètre « freinant » important mais que l'on ne sait guère quantifier.
- L'intensité instantanée de la pluie où plus exactement la différence entre cette intensité et la capacité de filtration du sol, intervient également dans le calcul. On ne connaît pas la durée ni le nombre des événements pluvieux de chaque mois et on ne peut clairement définir cette intensité.
- Le calcul d'un débit précis d'où découlerait l'épaisseur de la lame ruisselée, est donc un calcul intégral à variables multiples difficiles à préciser, hors de portée des capacités intellectuelles et techniques de notre Bureau d'étude.

Nous avons cherché à pallier cet ensemble de difficultés par un raisonnement schématique : le niveau d'étiage moyen de la nappe phréatique a été défini par les acquis de l'étude pédologique et la période d'étiage déduite des données météorologiques. Pour boucler le cycle et donc revenir au niveau d'étiage initial, il convient d'éliminer par ruissellement une partie de l'eau tombée dès lors que le sol est saturé.

Si la part évacuée est trop faible, on assiste à une dérive vers le haut du niveau d'étiage. Si elle est trop forte la dérive est inverse et le niveau d'étiage « s'enfonce » dans le sol chaque année un peu plus.

Nous avons donc procédé par tâtonnement et arrêté à 35 % la part de la lame d'eau excédentaire à évacuer par ruissellement latéral. Ces 35 % ont été indifféremment appliqués à chaque mois pour lesquels le niveau s'établit au-dessus du sol.

Peut-être aurait-il été possible de faire varier ce pourcentage en fonction de chaque mois et de chaque tranche d'eau associée tout en conservant une même part globale sur l'année mais ne connaissant pas les conditions précises d'écoulement cela aurait paru tout aussi artificiel et critiquable.

En conclusion de ce chapitre, il est possible de dresser un bilan hydrogéologique détaillé annuel :

Précipitation (mm) (1)	951		
Evapotranspiration (mm) (2)	812	Transpiration pins (4)	390
		Transpiration molinie (4)	133
		Interception végétale (4)	103
		Evaporation sol (4)	163
Infiltration (mm) (3)	36		
Vidange latérale du sol (mm) (3)	18		
Ruisseaulement (mm) (3)	78		
Total pertes (mm)	944		

(1) : Station de Roquefort

(2) : Station de Mont-de-Marsan

(3) : Résultat de l'étude

(4) : V. Moreaux

L'erreur de bouclage de 7 mm représente une erreur relative de moins de 1 %. Compte tenu des approximations méthodologiques, ce résultat paraît très satisfaisant et permet de valider ce bilan.

CINQUIÈME PARTIE

CONCLUSION ACTIONS DE REMÉDIATION ET TRAVAUX À EFFECTUER

Conclusion

En dépit des nécessaires simplifications mises en œuvre pour son établissement, le bilan hydrogéologique réalisé apporte des éléments de réflexion.

Avec 35 % d'évacuation par ruissellement de la lame d'eau excédentaire (lame d'eau précipitée après totale saturation du sol), le fonctionnement initial de la lande se traduisait par 6 à 8 mois d'inondation dans la zone d'interfluve. L'objectif premier des aménagements au XIXème siècle a été de supprimer si possible totalement cette période d'inondation.

La quantité d'eau à évacuer a été, durant les premières années, incommensurable.

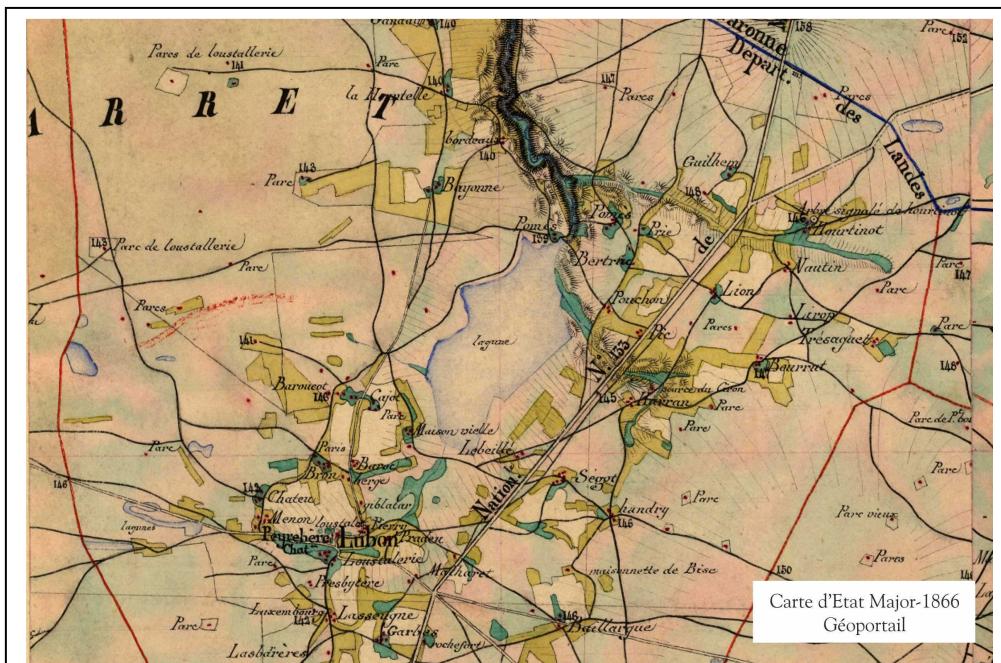
Le débit de ruissellement mensuel capté par le réseau de fossés dans l'aire d'étude peut être apprécié en fonction de la surface, 800 ha, et de la lame d'eau excédentaire.

Mois	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.
Débits- $m^3.s^{-1}$	0,09	0,23	0,15	0,14	0	0,06

Ces débits, $0,15 \text{ m}^3.s^{-1}$, en moyenne sur 4 mois, de novembre à février, étaient nécessaires pour ramener l'eau au niveau du sol. Ils représentent 1,5 millions de m^3 .

Aussi les volumes d'eau à évacuer étaient-ils démesurés et le risque très élevé que le Ciron ne puisse les évacuer sans dégâts.

Un plan d'eau artificiel a donc été créé au début du XIXème sur une zone humide au nord de Lubbon.



Sa surface (cf. carte d'Etat Major, 1866) était de l'ordre de 200 ha. Autrement dit, la quantité d'eau soustraite à l'interfluve Ciron-Estampon, dans le seul secteur étudié autour de l'essaim de lagunes, représente, au strict minimum, l'équivalent d'une lagune de 200 ha (1 km x 2 km, profonde de 0,75 m). Cela illustre l'ampleur des dégâts commis à l'écosystème initial des zones humides de l'interfluve Ciron - Estampon, entre Losse et Lubbon.

Si l'évolution des conditions hydrologiques de l'interfluve, suite aux grands travaux de drainage du XIXe, présente des aspects positifs sur le plan social et économique, elle est sur le plan de l'environnement et de l'assèchement généralisé des zones humides, très impactante :

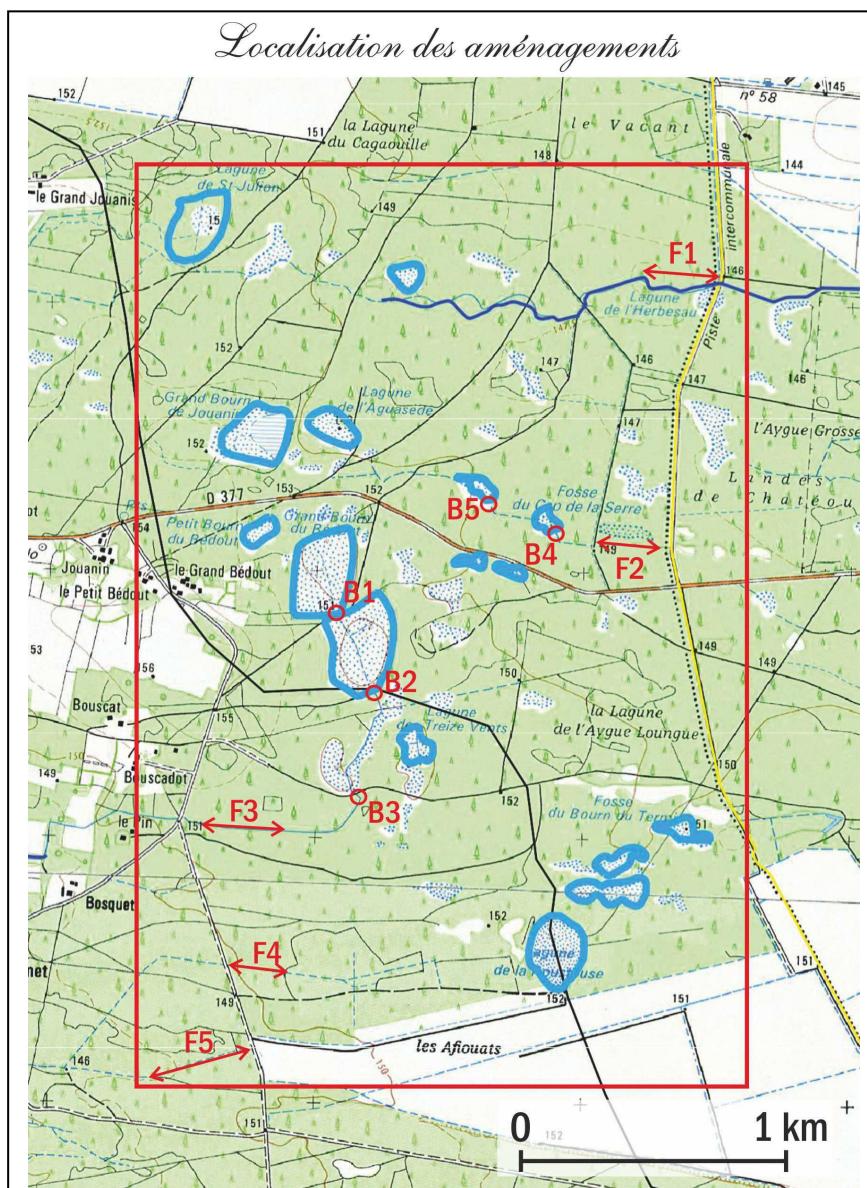
- La zone ne joue plus correctement le rôle de limitation des crues et de soutien d'étiage.
- L'assèchement généralisé se traduit par une perte de biodiversité : diversité des habitats et diversité des espèces liées aux zones humides.

Un retour aux conditions hydrologiques initiales sur la totalité des 800 ha de l'environnement du principal essaim de lagunes est, bien entendu, non envisageable. Mais des actions ciblées tant sur leur principe que sur leur localisation, sont possibles.

Actions de remédiation et travaux à envisager

L'établissement du bilan hydrique annuel montre que deux voies principales peuvent être explorées afin de tenter une remédiation partielle des dégradations à l'égard des zones humides :

- Une limitation voire une neutralisation ponctuelle du drainage
- Une réduction ciblée de la forêt de production.



Limitation du drainage (voir carte de localisation)

L'analyse des conditions générales a montré que dans le fonctionnement hydrologique initial, la part du drainage en direction de l'Estampon était très faible.

Dans le cadre des travaux « d'assainissement », plusieurs axes de drainage ont été créés et raccordés à des ruisseaux affluents de l'Estampon :

- Le ruisseau du Moulin pour l'évacuation des eaux de drainage du domaine de Baranguet : F4 et F5 ;
- Le ruisseau de Tic pour l'assèchement de l'essaim de lagunes « des Treize Vents » et des « Bourn du Bedout » : F3
- Le drainage vers l'Est se fait par un canal profond en direction du ruisseau du Bole : F1
- Sur ce canal, se raccorde, par l'intermédiaire du fossé de la piste forestière (limite communale Losse – Lubbon), un fossé très profond qui prend en écharpe des lagunes de la fosse « du Cap de la Serre » et de la lagune de « L'Aguasède » : F2.

Ces axes de drainage sont les éléments essentiels du système d'assèchement de l'essaim de lagunes. C'est sur ces points qu'il convient de définir un plan d'action pour la reconstitution d'un niveau de nappe compatible avec la préservation des lagunes et des zones humides.

Il convient sur le principe de :

⇒ Neutraliser totalement les fossés pénétrant au cœur des lagunes.

- Pour ce faire, il est nécessaire de mettre en place des barrages de planches, ancrés dans les berges avec possibilité d'ajouter ou d'enlever les planches supérieure afin de régler correctement le niveau.
- Rappelons, ici, que l'objectif est de faire remonter le niveau d'étiage de 60 cm au minimum.
- 5 ouvrages de ce type doivent être envisagés : B1 à B5, sur la carte de localisation.

⇒ Limiter l'effet drainant de 5 fossés et canaux principaux identifiés F1 à F 5 sur la carte de localisation.

Pour ce faire, il conviendra pour le comité de suivi de l'étude de :

- Définir sur ces fossés, les points d'implantation des ouvrages de limitation en fonction des contraintes de propriétés, d'accessibilité, d'usage des terres,....
- D'arrêter point par point, le type d'ouvrage. Pour cela, il paraît intéressant de se référer aux travaux et aux essais effectués sur le CPTE de Captieux par l'ONF (Cf. G. Granereau).

Limitation des pertes par évapotranspiration

Plusieurs auteurs dont D. Lousteau et H. Cochard (1991) ont étudié la répartition de l'évapotranspiration entre un boisement de pins maritimes et une sous-couche de molinie sur sol de landes humides.

Le principal résultat, en ce qui nous intéresse, est le suivant :

- Pendant les périodes estivales durant lesquelles la disponibilité en eau du sol est importante, le pin élimine environ 3 fois plus d'eau que le système sol-molinie. Les quantités absolues d'eau mises en jeu sont, alors, élevées.
- Pendant les périodes estivales durant lesquelles la disponibilité en eau dans le sol est faible, c'est le système sol-molinie qui évapore le plus. Ce sont là, des épisodes de sécheresse au cours desquels le pin et la végétation se mettent en arrêt de fonctionnement. Les volumes d'eau mis en jeu sont donc faibles à très faibles.

Aussi, est-il clair qu'en landes humides, sur sols paratourbeux à molinie (cas des lagunes de Losse), les pins éliminent beaucoup plus d'eau que le système sol-molinie. Ce résultat est confirmé par le bilan hydrique que nous avons dressé (Cf. Partie III) où le rapport : ETR (pins) / ETR (sol-molinie) = 1,7.

La suppression des arbres sur des secteurs bien ciblés de landes à molinie, peut donc être un axe important de réflexion et d'action.

Les secteurs sur lesquels il convient d'envisager la suppression des pins sont :

- Le cœur des zones paratourbeuses à molinie,
- Les bordures immédiates des lagunes

Mais il reste, bien entendu, que cette action ne peut s'envisager qu'avec le consentement et la participation des propriétaires de telles zones.

En ce sens, une voie liée à l'économie forestière peut être explorée : prise sur l'ensemble du massif boisé environnant, l'économie générale d'eau réalisée par la suppression des plantations de pins dans les secteurs les plus humides, pourrait-elle compenser la perte de surface par une amélioration de productivité aux alentours des zones concernées ?

Bien que la problématique se pose en dehors de notre champ de compétence spécifique, nous pensons que la réponse peut être ici positive. En effet, D. Lousteau, INRA, écrit « *La nappe superficielle constitue en quelque sorte un supplément de réserve utile qui permet aux peuplements forestiers du plateau landais de maintenir leur production en période printanière et estivale... [L'abaissement de la nappe] constitue un risque d'aggravation des sécheresses et conduit à une perte nette de productivité forestière, sans parler de la disparition des zones humides... ».*

GLOSSAIRE

ALOCRISOL : Sol relativement organique, léger et bien agrégé, acide, contenant des quantités importantes de fer et d'aluminium échangeables (anciennement *sol brun acide* et pro parte *sol brun ocreux*) [RPF].

Barkhane - n. f. - (mot arabe) Dune dissymétrique en forme de croissant, à convexité au vent, plus ou moins mobile sur une surface généralement unie.

Corrasion - n. f. - Effet d'érosion du aux chocs des grains de sable dans les régions désertiques.

Cuesta - n. f. - Forme de relief dissymétrique dégagée dans une structure monoclinale de résistance contrastée, superposant une couche résistante à une couche tendre, l'abrupt constituant le front de cuesta, la partie en pente douce le revers.

Drainance - n. f. - Flux d'eau, à composante essentiellement verticale, passant d'un aquifère à un autre à travers une couche semi-perméable.

Dune - n. f. - Colline constituée par un amas de sable accumulé par le vent.

Hydrogéologie - n .f. - Partie de la géologie qui s'intéresse aux eaux souterraines, à leur circulation, ainsi qu'à leur contenant.

Hydrographie - n. f. - Partie de la science géographique, qui étudie les surfaces du globe recouvertes par les eaux ainsi que le tracé sur les cartes topographiques.

Hydrolaccolite (ou hydrolaccolithe) - n. m. - Butte de quelques mètres de haut, résultant du soulèvement de formations superficielles par la congélation de lentilles d'eau souterraines. S'il y a fusion, la butte peut passer au stade de dépression.

Interfluve - n. m. - Etendue de terrain entre deux lits fluviaux et comprenant deux versants appartenant à deux vallées différentes.

Karst - n. m. - Plateau affecté par le modelé karstique, Le karst désigne la cavité créé par dissolution du calcaire.

Lagune – n.f. - Etendue d'eau généralement peu profonde séparée de la mer par un cordon littoral -

Dans les Landes (extrait de WWW.landes.org) : Terme dérivé du gascon *lagua [laguiue]* qui désignait une flaue d'eau dans les lieux marécageux. Les lagunes sont des petites étendues d'eau douce généralement circulaires et de taille inférieure à 1 hectare, qui parsèment le plateau landais. Elles ont été formées il y a plus de 10 000 ans. Ces petits plans d'eau naturels dépendent du battement de la nappe d'eau superficielle au cours de l'année et sont souvent temporaires. Dans les Landes, nombre d'entre eux ne présentent plus du tout aujourd'hui de zone en eau visible. Les lagunes sont des milieux oligotrophes, c'est-à-dire très pauvres en

éléments nutritifs (nature liée au sol siliceux des Landes de Gascogne) mais riches en espèces animales et végétales spécifiques, et à caractère patrimonial pour le département des Landes. Les lagunes constituent au cœur de la forêt, des zones témoins du niveau de la nappe et donc de l'état de la ressource en eau, facteur indispensable à la pérennité du massif forestier. Pour beaucoup de Landais et notamment les forestiers, les lagunes sont considérées comme un élément naturel et culturel fort, identitaire du massif des Landes de Gascogne. Leur préservation est donc un enjeu majeur.

Paléocène - n. m. - Division stratigraphique du Tertiaire (premier sous-système du Paléogène).

Paléogène - n. m. - 1er système du Cénozoïque qui se divise en 3 sous-systèmes : Paléocène, Eocène (inf., moy., sup.) et Oligocène. Il est daté d'environ - 65 Ma à - 23 Ma.

Pingo - n. m. - Mot esquimau qui désigne une butte provoquée par la formation d'un hydrolaccolite alimenté par des injections d'eau au dessus d'un permafrost.

Ruisseau Hortonien : Le ruisseau hortonien apparaît lorsque les intensités de pluie dépassent la capacité d'infiltration des sols : "le sol ne boit pas assez vite l'eau des pluies". Dans ce cas, l'excédent stagne à la surface du sol et peut s'écouler sous l'effet de la pente. C'est le type de ruisseau le plus naturellement compris, observé et intuitif.

Ruisseau Hewlettien : Dans le ruisseau hewlettien, les sols sont au contraire généralement capables d'infilttrer de grands volumes de précipitations et les grandes intensités de pluie. La capacité d'infiltration des sols n'est ici pas le facteur limitant. En effet, ce type de ruisseau est plutôt prépondérant dans les bassins aux sols végétalisés, faiblement ou fortement pentus, aux climats tempérés. Dans ces cas, les sols continuent à présenter une matrice poreuse mais également des structures dites préférentielles (fractures, racines du couvert végétal, etc.). Dans ce type de fonctionnement, ce n'est plus une partie de la pluie qui ruisselle sur une très grande partie du bassin (cas hortonien) mais une grande partie de la pluie qui ruisselle sur une partie du bassin. Ce ruisseau constitue une des deux composantes aux crues dans ces bassins hewlettien, l'autre étant constituée de l'exfiltration des sols (la quantité d'eau présente dans les premières couches des sols qui sous l'effet de la pente s'écoule dans le réseau hydrographique). Ici, c'est l'état d'humidité du bassin versant qui devient la variable contrôlant de façon prépondérante la genèse des crues.

BIBLIOGRAPHIE

Auteurs	Année	Titre	Editeur	Coll		Vol	Page	Site Web
Anderson N., Berrow M.L., FARMER V.C. HEPBURN A., Russel J.D. et Walker A.D.	1982	Reassessment of podzol formation process	Journal of soil science				125-136	
Baize D. et Girard M.C.	2008	Référentiel Pédologique	AFES-Ed QUAE					
Ballaud R.	1942	Vestiges de solifluction dans la région bordelaise. C.R. sommaire	Société Géologique Française - Paris				13-15	
Becheler Conseils	2012	CTPE de Captieux - approche géologique, géomorphologique, hydrogéologique et pédologique	ONF					
Becheler P.	2010	Analyse géomorphologique de la zone de Villagrains-Guillos-Landiras-Budos	Expertise judiciaire n°05-04-4092 - Tribunal Administratif de Bordeaux	Vol.tech.n°3			37-67	
Boyé M.	1958	Les lagunes du plateau landais	Biuletyn Peryglacjalny			26	195-225	
Conseil Général des Landes	2011	Les lagunes de la forêt des Landes de Gascogne - Evolution et perspective						
Corbiers P. et Karnay G.	2010	Principales caractéristiques des formations plioquaternaires sur le territoire des SAGE du triangle landais						
Delibrias G., Dutil P., Juste C.	1966	Premiers résultats de mesures d'âge de la Matière Organique de l'horizon d'accumulation des podzols humiques développés sur le sable des Landes	C.R. Acad. Sc.-Paris			263	1300-1302	

Dubreuilh J., Capdeville J.P., Farfanel G. Karnay G., Platel J.P.	1995	Dynamique d'un comblement continental néogène et quaternaire : l'exemple du bassin d'Aquitaine	Géologie de la France			4	3 - 26	
Enjalbert H.	1960							
Evin J., Gilet N., Legigan Ph. Et Thibault C.	1979	Essai de datation absolue d'un horizon humifère inclus dans les sables éoliens des Landes	Actes 104e Congrès Nat. Soc. Sav. Bordeaux-Avril 1979	C.R.Bibliothèque Nationale, Paris		Fasc.III	63-72	
Gelpe J., Gordon-Platel N. et Legigan Ph.	1985	La Grande Lande. Histoire naturelle et géographie historique. Les Alios landais	CNRS et Parc Naturel Régional		Acte du coll. de Sabres (novembre 1981)		69-82	
GEREA	1994	Les lagunes de la Haute Lande - Inventaire et diagnostic sur le territoire du RN LG						
Gourdon N.	1973	Etude de quelques concentrations en oxydes de fer dans diverses formations continentales du Bassin Aquitain - Essai de classification	Univ. Bordeaux III	Thèse de doctorat 3ème cycle		2t.	189p	
Gourdon-Platel N.	1975	Les alias et les garluches dans le sable des Landes	Bull. Soc.Linn. Bordeaux	T.V		9-10	79-87	
Gourdon-Platel et Maurin B.	2004	Le fer des marais encroûtement superficiel holocène utilisé sur les sites archéologiques de sanguinet (Landes)	Géologie de la France			1	13-24	
INRA	2006	Sécheresse et agriculture	Expertise scientifique collective					
Juste C.	1965	Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sud-ouest atlantique - Application à leur mise en valeur	INRA Paris	Thèse Doc.Ing.Nancy - 143p27fig. 39 tbl				
Klingebiel A. et Platel J.P.	2001	Histoire géologique et structures profondes du Triangle landais	Parc Régional de Gascogne	Ressources minérales du sol et du sous-sol des Landes de gascogne	Actes du coll. de Brocas (mars 2000) Travaux et Coll. scientifiques	n°3		

Latouche C., Legigan Ph. et Thibault C.	1974	Nouvelles données sur le Quaternaire des Landes de Gascogne	Bull.Inst.Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux			16	95-120	
Legigan Ph.	1979							
Legigan Ph., Lenoir M. et Rigaud J.Ph.	1974	Découverte d'industrie lithique dans alluvions quaternaires de la vallée du Gua-Mort, Gironde	Cahiers du Bazadais, Bazas					
Legigan Ph. et Marambat L.		Age et formation d'une lagune landaise - Premières données palynologiques et radiométrique	Bull.Soc Borda			432	433-443	
Legros J.P.	1975	Occurrence des PODZOSOLS dans l'Est du Massif Central		Sciences du sol		n°1		
Legros J.P.		Les Grands sols du Monde	Presses polytechniques et universitaires Romandes					
Lousteau D. et Cochard H.		Sécheresse, canicule, changement climatique	INRA	Unité de recherche EPHYSE - Ecologie Fonctionnelle et Physique de l'Environnement - Cestas				
Lousteau D. et Cochard H.	1991	Utilisation d'une chambre de transpiration portable pour l'estimation de l'évapotranspiration d'un sous-bois de pins maritime à molinie"	INRA	Recherches forestières - Laboratoire d'écophysiologie et nutrition - Cestas				
Moreaux V.	2012	Observation et modélisation des échanges d'énergie et de masse de jeunes peuplements forestiers du Sud-ouest de la France	univ Bx I	Sciences et Environnement				

ONF	2007	Etude préalable à la réalisation des documents d'objectif	Site Natura 2000 du CTPE de Captieux					
Paquereau M.M.	1964	Flores et climats post-glaciaires en Gironde	Actes Soc.Linn., Bordeaux		101	1		
Pissart A.	1985	Pingos et palses : un essai de synthèse des connaissances actuelles	Inter-Nord			17	21-32	
Pissart A.	1987	Géomorphologie périglaciaire	ED. du Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire de l'Université de Liège					
Prenant A.	1969	Le littoral et les dunes du Pyla - Le littoral du Cap-Ferret à la Pointe-de-Grave	Pyrénées Occidentales	VIIIème congrès INQUA, Paris Livre-guide	C.12		65-79	
Prud'homme R.	1972							
Reclus E.	1865	Etude sur les Lagunes						
Righi D.	1973	Contribution à l'étude de l'humus des podzols et des sols hydromorphes des Landes du Médoc	Science du Sol-Versailles			3	207-219	
Righi D.	1977	Genèse et évolution des podzols et des sols hydromorphes des Landes et du Médoc	Université de Poitiers	Thèse Doc. Etat				
Tastet J.P. et Klingebiel A.	non daté	Relation entre les lagunes et certains édifices dunaires des Landes de Gascogne						
Texier J.P.	1996	Présence d'un réseau de grands polygones au sud de l'estuaire e la Gironde - Interprétation et implication paléoclimatiques	Géographie physique et quaternaire			50 n°1	103-108	
Texier J.P.	Non daté	Formation et évolution des lagunes	?Coll sur les lagunes				6 - 17	
Thibault C.	1970	Recherches sur les terrains quaternaires du Bassin de l'Adour		Thèse Sc. Nat.		n°296, 2t.		

Vernier F et Castro A.	2010	Relation entre les lagunes et certains édifices dunaires des Landes de Gascogne Rapport d'expertise - Critère Préservation de l'environnement - Sous-critère Eau	ECOFOR-CEMAGREF-CRPF Aquitaine					
		Pingos, palses et lithalses; Les Paysages glaciaires dans les montagnes - Etude de géomorphologies glaciaires						'www.obs.ujf-grenoble.fr'