# TRAVAIL DE RECHERCHE PERSONNEL

## Indices géomorphologiques de l'existence de paléolacs dans les dépôts tardiglaciaires de la vallée de la Sarine entre La Roche et Fribourg?



**Novembre 2012**


Réalisé par :

Valérie BAPST
Nez d'Avau 21
1690 Lussy
valerie.bapst@unifr.ch

Superviseurs :

Prof. Reynald DELALOYE
Dr. Luc BRAILLARD

# Remerciements

Je tiens à remercier le Pr. Reynald Delaloye pour la proposition du sujet et pour la supervision de ce travail. De même, je remercie le Dr. Luc Braillard pour les informations fournies au début du travail ainsi que pour la supervision. Je les remercie également pour leurs explications, conseils et commentaires enrichissants qui ont permis l'amélioration de ce travail.

J'aimerais également remercier ma famille et mes amis qui m'ont soutenue et encouragée tout au long de la réalisation de ce travail et plus particulièrement ma Maman qui a relu et corrigé ce travail.

# Résumé

Ce travail de recherche traite des dépôts alluviaux de la Sarine et de ses affluents entre La Roche et Fribourg. L'analyse des terrasses parmi ces dépôts a pour but de déterminer la présence d'éventuels lacs de barrage glaciaire qui auraient pu recouvrir périodiquement la région lors du retrait würmien.

La première partie pose les bases théoriques nécessaires à la recherche. La deuxième partie explique la méthode utilisée pour la cartographie des éléments géomorphologiques et l'analyse de ces derniers. Quant à la troisième partie, elle présente les résultats obtenus, soit les preuves de l'existence de lacs et les 97 terrasses cartographiées, et l'interprétation de ces derniers, effectuée région par région, qui définit la présence de lacs potentiels sur la base de toutes les preuves réunies.

## Mots-clés

Cartographie géomorphologique - Tardiglaciaire - Lacs de barrage glaciaire - Terrasses

Photographie de la page de titre : terrasse de La Roche, juillet 2012.

# Table des matières

**Remerciements** ..... **2**

**Résumé** ..... **2**

**Table des matières** ..... **3**

**1 Introduction** ..... **5**

**2 Problématique et buts du travail** ..... **6**

**3 Cadre théorique : paléoclimats et fluctuations glaciaires** ..... **7**

3.1 Description de la zone d'étude ..... 7

3.2 Contexte géomorphologique ..... 8

*3.2.1 L'époque préwürmienne* ..... *10*

*3.2.2 Le maximum würmien* ..... *10*

*3.2.3 Les fluctuations du Tardiglaciaire* ..... *11*

3.3 Lacs de barrage glaciaire ..... 12

3.4 Les terrasses ..... 13

*3.4.1 Les terrasses d'érosion* ..... *13*

*3.4.2 Les terrasses formées par des processus d'accumulation* ..... *16*

3.5 Preuves de l'existence d'un paléolac ..... 18

**4 Cadre méthodologique** ..... **20**

4.1 Représentation cartographique des preuves de l'existence de lacs tardiglaciaires ..... 20

*4.1.1 Prise de connaissance de la région* ..... *21*

*4.1.2 Cartographie des dépôts tardiglaciaires* ..... *21*

*4.1.3 Cartographie des preuves de l'existence de lacs* ..... *21*

4.2 Cartographie des bords de terrasses ..... 22

4.3 Analyse des terrasses ..... 23
4.4 Méthode utilisée pour l'interprétation des résultats ..... 24
**5 Résultats ..... 25**
5.1 Carte regroupant les preuves de l'existence de lacs ..... 25
5.2 Les terrasses cartographiées ..... 27
**6 Interprétation et discussion des résultats ..... 29**
6.1 Région de La Roche ..... 29
6.2 Région entre Le Bry et Corpataux-Magnedens ..... 31
6.3 Région d'Autigny ..... 33
6.4 Région d'Ependes – Arconciel ..... 34
6.5 Région de Marly ..... 35
6.6 Matran – Fribourg ..... 36
6.7 Discussion générale ..... 37
**7 Conclusion ..... 38**
**8 Bibliographie ..... 39**
**Annexes ..... 42**

# 1 Introduction

L'étude des glaciations quaternaires et des dépôts qui leur sont attribuées s'est, depuis toujours, révélées d'une extrême complexité. Ces dépôts sont un élément constitutif essentiel de la morphologie de la région de Fribourg, pourtant, ils ne sont, pour la plupart, pas datés. Cette complexité provient du fait qu'ils ont été déposés lors des différents stades d'avancée et de retrait glaciaire en raison des fluctuations climatiques de cette période. De plus, une grande partie de ces dépôts a été érodée au fil du temps par le réseau fluviatile qui s'est mis en place lors du retrait du glacier du Rhône. Ainsi, outre les vallums morainiques rhodaniens entre Avry-devant-Pont et Rossens, les autres moraines ne permettent pas l'identification de stades de retrait glaciaire (Weidmann, 2005). La période entre le maximum d'extension glaciaire, datée entre 28'000 et 23'000 cal. BP (Schoeneich et al., 2011) et 13'500 BP, date à laquelle la région était totalement libre de glace (Pugin, 1988) demeure mal connue.

Afin d'éclaircir ce mystère, d'autres éléments peuvent être pris en compte. En effet, le retrait du glacier libère des zones surcreusées dans lesquelles les eaux des cours d'eau naissants peuvent s'accumuler. De plus, la présence de la langue glaciaire ou de moraines peut jouer un rôle de barrage et ainsi favoriser des accumulations lacustres. Les structures à mettre en évidence pour tenter de découvrir l'état de la région d'étude, située le long de la Sarine, entre La Roche et Fribourg, sont donc de type lacustre. La présence du glacier du Rhône et la naissance du réseau fluviatile actuel ont généré l'installation de diverses formes géomorphologiques, telles que des plaines d'épandage à l'avant du glacier, des deltas aux embouchures des rivières, des terrasses de kames le long des versants et des sédiments varvés au fond des lacs. Ces structures ont la particularité de se présenter sous la forme de replats, suivis d'un talus. Par conséquent, le but de ce travail est de représenter les preuves de l'existence de lacs et plus particulièrement les terrasses sous forme de cartes, pour permettre la localisation de potentiels lacs tardiglaciaires.

# 2 Problématique et buts du travail

Au Tardiglaciaire, un retrait progressif des glaciers s'amorce. Dans la partie sud du canton, soit la région située qui s'étend de Bulle vers l'Intyamon, le glacier de la Sarine se retire plus vite que le glacier du Rhône (Pugin,1988). La présence du glacier du Rhône qui barrait la vallée de la Sarine, a conduit à la formation d'un lac de barrage glaciaire qui recouvrait le bassin de Bulle, à l'emplacement de l'âctuel Lac de la Gruyère (Gillieron, 1873 cité par Pugin, 1988). Le Glacier du Rhône fait office de barrage à la hauteur d'Avry-devant-Pont, puis, après sa fonte, la moraine de ce dernier reprend ce rôle. Les terrasses observables témoignent de trois niveaux du Paléolac, à 670 m, 735 m et 680 m (Braillard, 2004).

Dans la région de Fribourg, le Glacier du Rhône, s'est retiré dans la direction sud-est – nord-ouest (Weidmann 2005), en libérant de grandes quantités d'eau. Emmenegger (1962), Weidmann (2005) et Van der Meer (1982) ont émis quelques hypothèses quant à l'existence de lacs proglaciaires, mais contrairement au Paléolac de la Gruyère, aucune source ne fait clairement mention de leur présence. La problématique géomorphologique part du principe que si tel était le cas, des niveaux de terrasses dans les dépôts d'épandage fluvioglaciaires seraient visibles dans la région s'étendant de La Roche à Fribourg, le long de l'actuel cours de la Sarine. Elle peut être formulée comme suit :

*Dans quelles mesures la présence de lacs tardiglaciaires est-elle visible dans le paysage ?*

De cette problématique, découlent les questions suivantes :

- *Quelles sont les preuves de l'existence d'un lac dans la région étudiée ?*
- *Existe-t-il des terrasses attestant de la présence d'un lac proglaciaire ?*
- *Si tel est le cas, les terrasses se présentent-elles à différents niveaux ?*

Ce travail va tenter d'apporter des éléments de réponse à cette problématique, et ce, sur la base de la structure suivante : dans un premier temps, un cadre théorique sera élaboré. Ce dernier consiste à décrire la région, définir le concept de terrasse et à énumérer les

preuves témoignant de l'existence de paléolacs. Dans un deuxième temps, un cadre méthodologique, consistant à cartographier les preuves, à identifier des terrasses à l'aide d'une cartographie géomorphologique et à corréler leur altitude sera élaboré. Ce dernier permettra de mettre en relation ces éléments dans le but d'en faire une interprétation visant à établir la position d'éventuels lacs tardiglaciaires.

# 3 Cadre théorique : paléoclimats et fluctuations glaciaires

D'abord, la région d'étude sera décrite. Ensuite, le cadre géomorphologique sera développé afin de pouvoir situer de manière temporelle les processus ayant agi sur la région étudiée. Puis, il sera question des lacs de barrage glaciaire et des terrasses ainsi que de leur processus de formation. Enfin, les preuves attestant de l'existence de paléolacs dans la région étudiée seront énumérées.

## 3.1 Description de la zone d'étude

La zone (*cf. Figure 1*) faisant l'objet d'une étude dans ce travail se situe dans le canton de Fribourg et concerne les districts de la Gruyère et de la Sarine. Elle s'étend entre le Gibloux et la Ville de Fribourg, en suivant la vallée de la Sarine ainsi que les vallées de ses principaux affluents, la Glâne, depuis le village d'Autigny et la Gérine à Marly. Cette zone si situe principalement sur les cartes au 1 :25'000 de l'Atlas géologique de la Suisse de Rossens et de Fribourg

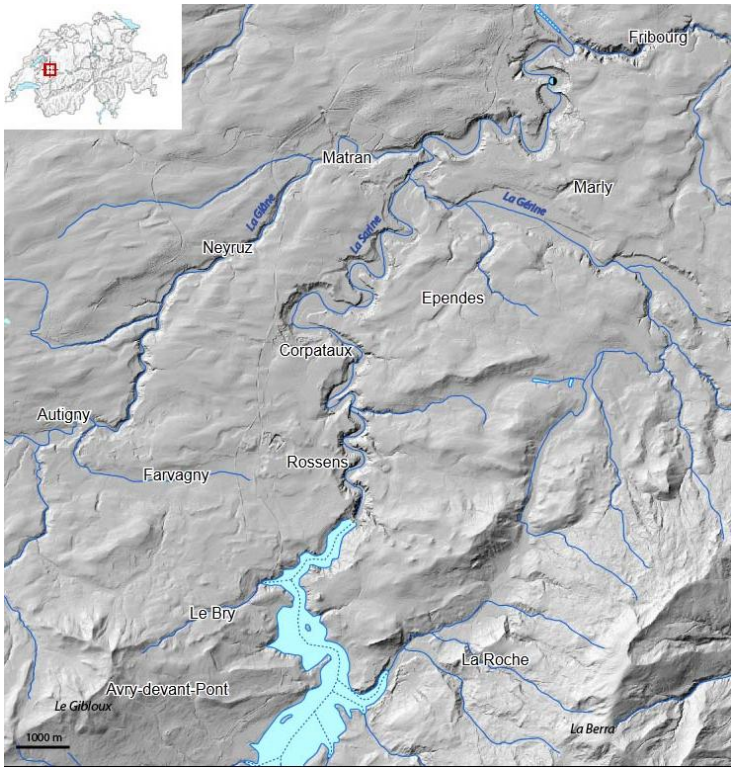



**Figure 1**: Situation géographique de la zone d'étude, map.geo.admin.ch (16.11.2012).

## 3.2 Contexte géomorphologique

La géomorphologie du territoire fribourgeois est principalement héritée du Quaternaire. En effet, au nord de la région d'étude, la structure de la Molasse n'a qu'une faible influence sur la morphologie du Plateau. Au sud, dans les massifs du Gibloux, de la Combert et de la Feyla, le relief devient plus marqué en raison du plissement de la Molasse du Plateau causé par le plan de chevauchement dirigé vers le sud de la Molasse subalpine. Les principales caractéristiques morphologiques de la région sont dues à l'action des glaciers qui recouvraient autrefois la région ainsi qu'à l'action des cours d'eau qui ont entaillé les dépôts quaternaires après le retrait des glaces (Weidmann, 2005).

Les sédiments quaternaires recouvrent la Molasse du Tertiaire sur une grande partie de la région d'étude alors que la Molasse affleure sur les sommets ainsi que dans les gorges incisées par les rivières (Weidmann, 2005). La stratigraphie de la région a fait l'objet de

nombreux travaux détaillés, tels que les cartes géologiques ou les études géologiques de Crausaz (1959), Emmenegger (1962), Dorthe (1962) et Van der Meer (1982). Elle peut être représentée selon la lithostratigraphie (*cf. Figure 2*) obtenue dans le cadre d'une étude de sismique de réflexion dans la région de Rossens – Corpataux (Signer et al. 2000) :

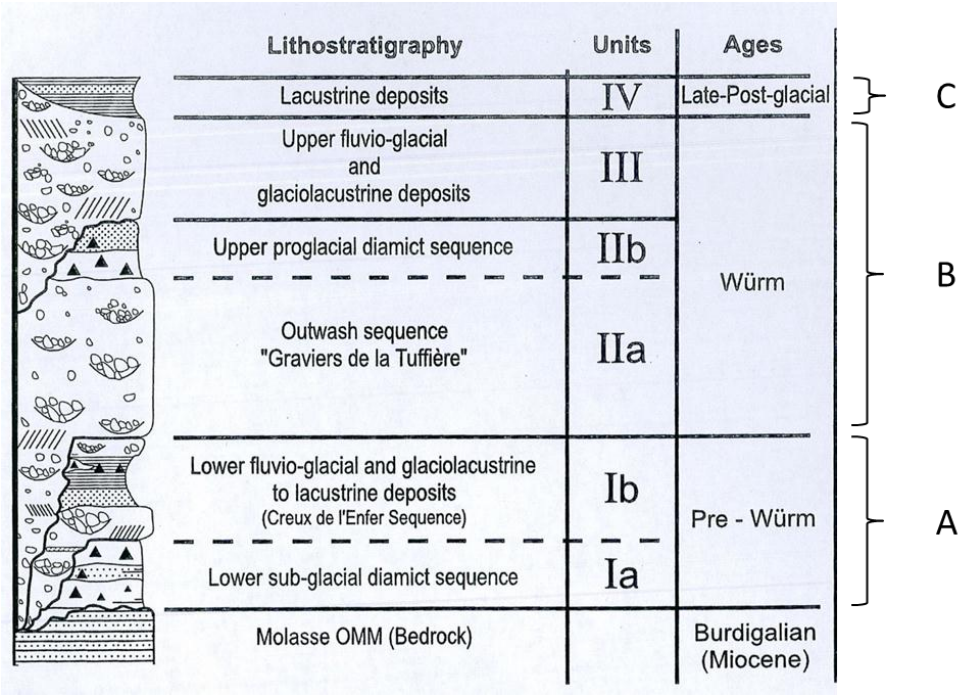



**Figure 2 :** Lithostratigraphie du Quaternaire dans la région de Rossens-Corpataux. Les unités Ia et Ib correspondent à l'unité A, les unités IIa, IIb et III à l'unité B et l'unité IV à l'unité C (Signer et al., 2000).

- La Molasse datant du Burdigalien constitue le substratum lithologique légèrement plissé, affecté par l'écoulement du Glacier du Rhône. Elle affleure abondamment dans la partie ouest de la zone, alors qu'elle est souvent recouverte par d'épais dépôts et incisée par la Sarine dans la partie est.
- L'unité A est constituée de sédiments rissiens, soit antérieurs au Würm, remplissant des cuvettes surcreusées par les glaciers pré-würmiens ou par d'anciens cours d'eau.
- L'unité B représente les dépôts fluvioglaciaires, glaciaires et glaciolacustres déposés entre le maximum würmien et 13'500 ans BP (Schimdt, 1985, cité par Pugin, 1988). Cette séquence comprend les unités IIa, appelées « graviers de la Tuffière », IIb et III.

- L'unité C est composée de dépôts lacustres qui sont datés du tardi et post-glaciaire. C'est l'unité qui va donc présenter le plus grand intérêt dans ce travail.

Afin de permettre l'ancrage temporel des différents facteurs qui ont influencé la région d'étude, les principaux éléments chronologiques vont être décrits. Sur la base des travaux préalablement cités, une chronologie retraçant les stades glaciaires et interglaciaires peut être élaborée :

1. L'époque prérisienne
2. La glaciation de Riss
3. L'interglaciaire de Riss-Würm
4. La glaciation de Würm
5. L'époque postwürmienne ancienne et récente

### *3.2.1 L'époque préwürmienne*

L'époque préwürmienne comprend l'époque prérissienne, la glaciation de Riss, de 125'000 à 160'00 BP (Badoux, 1995) ainsi que l'interglaciaire de Riss-Würm. Dorthe (1962) et Crausaz (1959) s'accordent sur le fait que les dépôts datant de la glaciation rissienne sont rares. Ils colmatent les vallées datant d'un ancien réseau fluviatile, dont le niveau de base était vraisemblablement plus bas que l'actuel. L'interglaciaire Riss-Würm est marqué par un nouveau réseau fluviatile. Ce dernier se caractérise par des rivières peu profondes mais très larges qui ont laissé de grandes quantités d'alluvions fluviatiles constituées de graviers.

### *3.2.2 Le maximum würmien*

Il s'en suit une période de glaciation, entre 125'000 et 19'000 BP, appelée le Würm, pendant laquelle une grande partie du Plateau suisse a été périodiquement recouvert par les glaces (Dorthe, 1962). Au maximum de l'extension glaciaire, fixé entre 28'000 et 23'000 ans cal BP ans (Schoeneich et al., 2011), le glacier du Rhône s'écoulait depuis la dépression de l'actuel Lac Léman vers le Jura, débordant dans la région de Fribourg avec une direction du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Il barrait la route au glacier de la Sarine qui s'écoulait dans la vallée de la Sarine (Hantke, 1983, cité par Pugin, 1988).

Emmenegger (1962) fixe la limite supérieure du glaciaire würmien à environ 1100 m dans la région d'Ependes, mais n'exclut pas le fait qu'il ait pu être encore plus haut.

L'importance de cette période n'est pas négligeable puisque l'arrivée d'un glacier provoque d'importants changements géomorphologiques. La glaciation du Würm a laissé un grand nombre de vestiges dans la région étudiée (Emmenegger, 1962). En effet, l'arrivée du glacier du Rhône a occasionné un changement dans le tracé des cours d'eaux (Dorthe, 1962). De plus, la progression du glacier génère d'importants processus d'érosion, notamment l'érosion par abrasion des anciens sédiments glaciaires ainsi que du fond rocheux qui a atténué le relief de la région en surcreusant les vallées et en émoussant les seuils rocheux (Pugin, 1988). Le glacier a recouvert la région d'une couche plus ou moins épaisse de dépôts morainiques qui est venue combler les dépressions (Emmenegger, 1962) et former les principales morphologies würmiennes (Van der Meer, 1982), tels que les drumlins. Ces derniers, présents en masse dans la région, peuvent être de différents types morphologiques (Weidmann, 2005) et sont orientés dans la direction de progression du glacier du Rhône (Dorthe, 1962).

### *3.2.3 Les fluctuations du Tardiglaciaire*

La période caractérisée par le retrait des glaciers postwürmiens présente un intérêt particulier étant donné que c'est à ce moment-là qu'ont pu se former les lacs proglaciaires dont il est question dans ce travail. En effet, les eaux de fusion et les eaux torrentielles ont tendance à s'accumuler dans les surcreusements engendrés par l'érosion glaciaire et fermés par le glacier lui-même ou par ses moraines (Emmenegger, 1962).

Le Paléolac de la Gruyère constitue un bon exemple de lac glaciaire. En effet, comme le fait remarquer Gillieron (1873) repris par Pugin (1988), la déglaciation de la région s'amorce avec le retrait du glacier de la Sarine, qui, de par sa masse plus faible, réagit plus rapidement que le glacier du Rhône. L'écoulement de la Sarine est stoppé, dans un premier temps, par le glacier du Rhône près d'Avry-devant-Pont, constituant un lac de barrage glaciaire. Le glacier du Rhône va ensuite se retirer et subir une récurrence, permettant la formation du cordon morainique situé aux environs d'Avry-devant-Pont qui a fait office de barrage pour des lacs de barrage morainique. Des vallums

morainiques relativement bien conservés montrent que le glacier du Rhône a barré la vallée déglacée de la Sarine à la hauteur du Bry et de Pont-La-Ville puis, dans la région au sud de Farvagny-le-Grand et de Rossens. Cela laisse penser que le glacier ne s'est pas retiré en une seule étape, mais qu'il y a eu des stades de stagnation ou de réavancé du front du glacier pendant lesquels des moraines ont pu être formées. Ces stades de stagnation du Glacier du Rhône pourraient également être à l'origine d'une série de lacs de barrage glaciaire ou morainique supposés.

L'Holocène, selon Dorthe (1962) et Crausaz (1959), se réfère à la période ayant suivi le Würm, pendant laquelle les eaux de fonte se concentrent jusqu'à la formation d'un nouveau réseau fluvial. Emmenegger (1962) précise que cette période fait référence aux dépôts accumulés après le retrait total du glacier et la subdivise en Postwürm ancien, comprenant un épisode lacustre visible morphologiquement dans la région du Mouret suivi d'un approfondissement des vallées, visible morphologiquement par la présence des terrasses d'érosion à Marly, et en Postwürm récent comprenant les dépôts actuels.

## 3.3 Lacs de barrage glaciaire

Les travaux de Pugin (1988) soulignent la présence de dépôts lacustres dans la région de Gruyères, au sud du canton de Fribourg, attestant ainsi l'existence du Paléolac de la Gruyère. Or, la lithostratigraphie (*cf. Figure 2*) présentée au point précédent présente des dépôts similaires, localement, dans une région plus au nord, entre Rossens et Corpataux. L'existence de paléolacs à l'aval de l'actuel Lac de la Gruyère n'est donc pas à exclure. C'est pourquoi il semble pertinent d'expliquer brièvement le fonctionnement d'un lac glaciaire.

Le terme de lac glaciaire regroupe une multitude de type de lacs. Dans ce cas précis, l'inclusion dans le contexte de déglaciation donne de l'importance aux lacs de barrage. En effet, les cuvettes surcreusées par le passage des glaciers sont susceptibles de représenter des bassins d'accumulation (Campy et Macaire, 2003). De plus, la présence du front du glacier (Embleton and King, 1975) ou de dépôts morainiques, plus

précisément de moraines frontales, peut constituer des barrages, faisant obstacle aux écoulements et favorisant des retenues lacustres (Campy et Macaire, 2003).

La présence de lacs est responsable de la formation de diverses morphologies se présentant sous la forme de bandes planes allongées. Ainsi, des structures telles que des lignes de rivages, des terrassettes, des deltas ou des dépôts de fond peuvent être identifiés (Embleton and King, 1975). Il convient toutefois de souligner le fait que la présence de ces structures dépend de la durée d'établissement et des oscillations du niveau du lac, lesquelles dépendent de la nature du barrage ainsi que de l'apport de sédiments. Les lacs de barrage glaciaire dépendent des fluctuations du glacier. Les oscillations du niveau du lac peuvent donc constituer un obstacle à la formation de structures morphologiques caractéristiques. En revanche, la présence du glacier assure l'apport de sédiments. Dans le cas d'un lac de barrage morainique, la stabilité de la moraine induit la construction de morphologies lacustres, mais les sédiments ne proviennent que des cours d'eau (Embleton and King, 1975).

## 3.4 Les terrasses

Les terrasses constituent les principaux éléments géomorphologiques recherchés dans ce travail. Elles se présentent sous la forme de replats allongés suivi d'un talus, mais différents processus peuvent être à l'origine de leur formation. En effet, il convient de distinguer le type de formation des terrasses ainsi que le matériel qui les constituent. Une même morphologie de terrasses peut résulter de deux processus différents : il existe les terrasses formées par des processus d'érosion, telles que les terrasses fluviatiles qui incisent les vallées et les sandurs. Mais la même morphologie peut être obtenue par des processus d'accumulation, ayant souvent lieu dans des lacs, tels que les lignes de rivages, les deltas ou les dépôts de fond.

### *3.4.1 Les terrasses d'érosion*

Les terrasses formées par des processus d'érosion sont de type fluviatile et se retrouvent le long des rivières du monde entier (Lowe and Walker, 1997). Elles témoignent des

changements paléohydrologiques subis par la rivière. En effet, la morphologie d'une rivière tend vers un profil d'équilibre dicté par le niveau de base. La rivière tente d'accommoder sa morphologie en érodant ou en accumulant du matériel en réaction à des variations topographiques du profil de la rivière ainsi qu'aux variations de débit et de charge de sédiments (Amoros et Petts, 1993). Les facteurs agissant sur le niveau de base, et par conséquent, sur l'origine des terrasses sont l'eustatisme, les changements tectoniques ainsi que les changements climatiques (Lowe and Walker, 1997).

La région d'étude étant affectée par les fluctuations glaciaires, la cause climatique représente le facteur principal dans la formation des terrasses. En effet, au cours d'une période froide et humide, la rivière aura tendance à élargir son lit et à déposer des sédiments, rendus facilement mobilisables par l'absence de végétation. De plus, les écarts de débits d'une saison à l'autre sont relativement importants, avec notamment les grandes débâcles printanières. Cette situation peut se rencontrer au début d'une phase de déglaciation (Benn and Evans, 1998). Le dépôt d'alluvions est plus important que le transport d'alluvions (Millet, 2004), c'est ce qu'on appelle une phase d'aggradation (Blum et al. 2005). Au contraire, pendant une période chaude et sèche, la végétation protège le sol de l'érosion. Il y a donc moins de sédiments à disposition et la rivière aura tendance à transporter plus de sédiments qu'elle n'en dépose (Millet, 2004), ce qui constitue une phase de dégradation (Blum et al., 2005). Une période d'aggradation suivie d'une période de dégradation résulte en la formation d'une terrasse (*cf. Figure 3)*, qui représente l'ancienne plaine

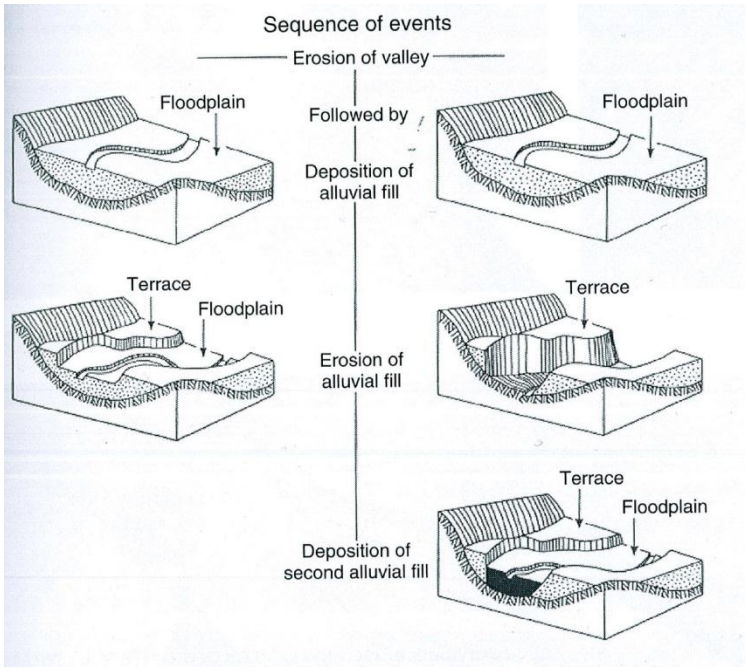



**Figure 3**: Processus de formation des terrasses fluviatiles (Bridge and Demicco, 2008).

alluviale située au-dessus du niveau de submersion par les inondations du chenal actif suite à l'enfoncement de la rivière (Amoros et Petts, 1993).




**Figure 4** : Représentation de terrasses paires (i) et impaires (ii) (Goudie, 2001).

L'incision peut s'effectuer au centre de la plaine alluviale, laissant des terrasses des deux côtés de la vallée, les terrasses paires (*cf. Figure 4(i)*), mais elle peut être accompagnée d'une migration du chenal actif d'un côté de la plaine, laissant une seule terrasse impaire (*cf. Figure 4(ii)*) sur le côté opposé (Benn and Evans, 1998). L'enfoncement de la rivière peut donc conduire à la formation de plusieurs niveaux de terrasses, les plus élevées étant les plus anciennes (Campy et Macaire, 2003). De plus, des alternances entre des phases d'aggradation et de dégradation peuvent mener à la formation de séries de terrasses dont la structure interne peut être très complexe (Bridge and Demicco, 2008). Lors d'une profonde incision verticale entre deux épisodes de sédimentation des terrasses étagées se forment, alors que, dans le cas contraire, il s'agit de terrasses emboîtées (Campy et Macaire, 2003).

Pour ce type de terrasses, une distinction supplémentaire peut être effectuée en ce qui concerne le matériel affecté par l'érosion.

- Une rivière alluviale entaille le sédiment déposé dans la plaine alluviale lors d'une précédente phase de dépôts (*cf. Figure 4*). Cela forme une terrasse alluviale (Bridge and Demicco 2008).
- Une rivière à fond rocheux entaille latéralement le bedrock, formant ainsi des terrasses d'abrasion sur lesquelles des structures reflétant l'écoulement de l'eau peuvent être visible (Anderson and Anderson 2011). Cette situation se rencontre plus facilement dans les parties supérieures des systèmes de rivières, où

l'érosion est le processus dominant. Contrairement au chenal d'une rivière alluviale, le chenal des rivières à fond rocheux est difficilement modifié par les inondations saisonnières (Bridge and Demicco 2008).

Afin de tendre vers l'équilibre, dans une même rivière, la plaine alluviale ou le bedrock peuvent être entaillés, suite aux processus d'exhaussement ou d'incision à l'échelle du tronçon.

### *3.4.2 Les terrasses formées par des processus d'accumulation*

Les processus d'accumulation peuvent également former des structures planes suivies d'un talus. Tel est le cas pour bon nombre de structures morphologiques liées à la présence d'un lac, comme les lignes de rivages, les deltas ou les dépôts de fonds que peuvent constituer les argiles varvées. Le matériel qui les constitue est de nature sédimentaire, mais des distinctions peuvent s'effectuer au niveau de la granulométrie et de la provenance des sédiments. Ils peuvent être d'origine glaciaire ou non glaciaire (rivières et processus de pente) (Benn and Evans, 1998).

- Les terrasses fluvio-glaciaires peuvent être définies comme *« des accumulations sédimentées dans un lac de barrage par les eaux de fusion du glacier et aussi par les cours d'eau provenant des hauteurs avoisinantes libres de glace. Elles jalonnent les abaissement successifs de la surface du glacier en fusion » (Emmenegger, 1962 :149).*
- Les terrasses de kames *(cf. Figure 5)* sont constituées de matériel stratifié déposé par les eaux de fonte coulant le long d'une masse de glace entre le glacier et un obstacle. Le terme kame n'est pas très explicite, cependant, son utilisation dans ce contexte désigne une terrasse en contact avec le glacier (Bridge and Demicco, 2008). Le côté des dépôts reposant contre la glace a tendance à s'effondrer lorsque le glacier

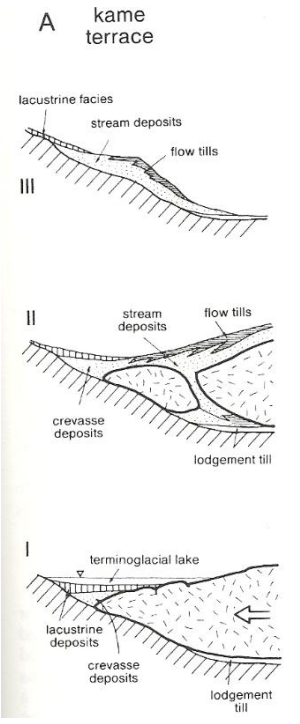



**Figure 5 :** Schéma illustrant la formation de terrasses de kame (Benn and Evans, 1998).

rétrécit, formant ainsi une pente raide caractéristique. Ce type d'accumulation peut se retrouver de manière discontinue le long des obstacles. Les réductions périodiques du glacier peuvent être enregistrées dans le paysage par la succession de plusieurs terrasses de kame sur un versant (Embleton and King, 1975)

- Les deltas forment également des structures similaires. En effet, lorsqu'une rivière se jette dans un lac glaciaire, la diminution de la vitesse conduit à la formation d'une structure deltaïque, comme l'illustre la *Figure 6*. Le matériel grossier est généralement déposé à proximité de la marge glaciaire de manière horizontale, faiblement inclinée vers le lac, constituant les topsets. Les éléments sableux se déposent de manière inclinée, par des processus gravitaires sur un talus de progradation, créant les foresets. Enfin, les sédiments argileux se déposent de manière horizontale, ce qui constitue les bottomsets *(cf. Figure 6)*. Ces derniers peuvent se présenter sous forme de laminations cycliques appelées varves (Benn and Evans, 1998).

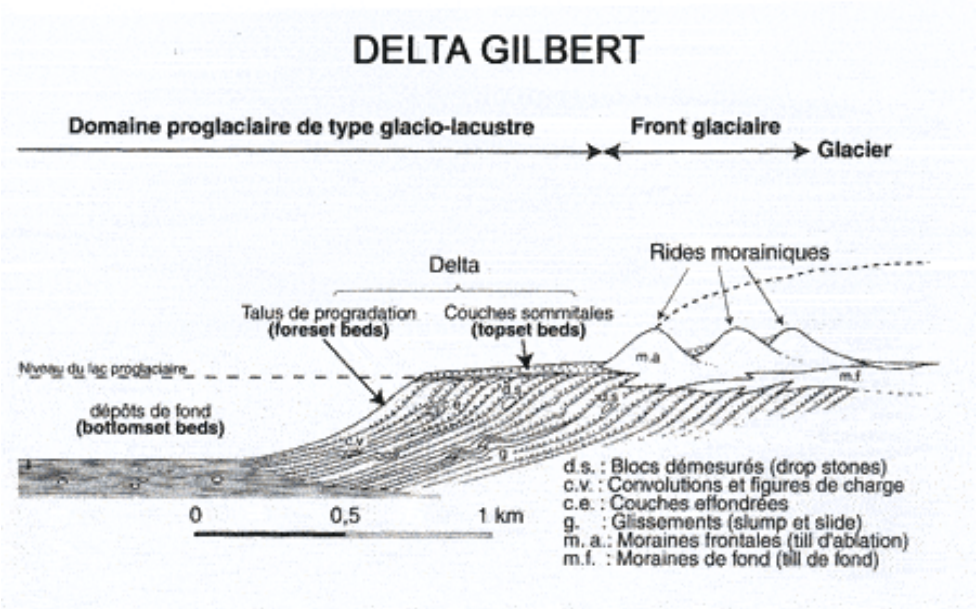



**Figure 6 :** Illustration d'un delta au front d'un glacier (Campy et Macaire, 2003).

- Les plaines d'épandage fluvioglaciaire ou sandurs se présentent également sous la forme de surfaces planes. Ces dépôts s'accumulent surtout lors des phases d'avancée des glaciers, lorsque la capacité d'érosion du glacier est augmentée et que les eaux de fusion transportent une charge plus importante (Embleton an King, 1975).

Les différents types de terrasses se distinguent aussi bien par leur type de formation que par le matériel qui les compose. La visée géomorphologique ne s'attachera qu'à la morphologie des terrasses, sans prendre en compte leur mode de formation, ni le matériel.

## 3.5 Preuves de l'existence d'un paléolac

Alors que l'existence du paléolac de la Gruyère est attestée par des éléments stratigraphiques (Pugin, 1988) et géomorphologiques (Braillard 2004), qu'en est-il de la partie située plus au nord ? De rares hypothèses ont été émises à ce sujet et vont faire l'objet d'une énumération :

- La carte géologique 1205 Rossens (Weidmann, 2005) fait mention, premièrement, des « Dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres du Retrait würmien ». Des terrasses de kames et des cônes d'alluvions sont identifiés à plusieurs endroits, notamment à Montévraz-Dessus (960-970 m), au lieu-dit Es Asses sur Villarlod (970 m) et au sud de Treyvaux (870 m). Des dépôts glaciolacustres limono-argileux occupent des surfaces conséquentes sur la rive droite de la Glâne sous Autigny, dans une terrasse à l'est de Matran (596 m) ou dans la forêt de Bibou – Gros Dévin au nord du Bry.
- La carte géologique de Rossens mentionne, deuxièmement, les « Dépôts lacustres récents » se rattachant au Tardiglaciaire ou à des phases de l'Holocène, la distinction entre les deux n'étant pas clairement établie. Ainsi, le Lac du Mouret, de Lac de Ginggerain, le Lac du Petit Ependes sont aujourd'hui occupés par des marais.

- La carte de Rossens signale, troisièmement, la présence d'anciens marais, hérité du Tardiglaciaire. Les marais, se formant dans des dépressions à fond étanche, pourraient trouver leurs origines dans d'anciens lacs car, avec le temps, tous les lacs se remplissent de sédiments pour former des tourbières et des marais. En effet, ces dépressions colmatées par la moraine ont été remplies par des argiles, des craies lacustres, des gyttja et de la tourbe.
- La carte géologique 1185 Fribourg (Python et al., 1998) parle de « Dépôts de retrait » qui forment des terrasses de kames aux altitudes allant de 480 m (Bösingen), de 720 m (St-Ours). Van der Meer (1982) a découvert des dépôts rappelant une sédimentation dans un système deltaïque, tels que des niveaux sableux ou graveleux avec des inclinaisons de 15° à 45° ou des dépôts sableux ou limoneux formant des varves. De plus, des lacs de retrait semblaient s'étendre en plusieurs endroits, notamment de la Place Georges Python jusqu'au Plateau de Pérolles au sud ainsi que dans les régions de Fillistorf et d'Engertswill.

  L'existence d'un système de terrasses allant du Bry à Wünnewill en passant par La Roche, Le Mouret, Bonnefontaine, St-Ours et Tavel serait rattachée aux eaux de fonte s'écoulant en bordure du glacier.

- L'étude géologique d'Emmenegger (1962) indique la présence de quatre systèmes de terrasses fluvio-glaciaires sédimentées dans un lac, dont les terrasses fluvio-glaciaires de Marly, à 690 m, 655-660 m. Les autres se situent à Sonnenwyl-Zénauva-Le Mouret, Giffers-Tentlingen et à St-Ours et se trouvent donc exclus de la région d'étude.
- L'étude des dépôts quaternaires de Van der Meer (1982) souligne l'existence de dépôts deltaïques perchés au nord de Fribourg témoignant de l'existence d'un lac probablement barré par le glacier. De plus, il indique la présence d'une structure deltaïque à Marly-le-Grand, avec, à l'est, des foresets plongeants et des laminations (sub)horizontales à l'ouest.

# 4 Cadre méthodologique

Ce chapitre décrit, dans un premier temps, les étapes ayant conduit à l'obtention des cartes représentant les preuves de l'existence de lacs ainsi que les terrasses et, dans un second temps, les étapes ayant conduit à l'interprétation de toutes les preuves réunies[1]. Les cartographies ont été élaborées à l'aide du logiciel d'information géographique ArcGis 10.

## 4.1 Représentation cartographique des preuves de l'existence de lacs tardiglaciaires

Les preuves de l'existence de lacs reposent sur des éléments plutôt dispersés chez les différents auteurs. De plus, ni la taille, ni la durée d'établissement des éventuels lacs ne constituent de réelles certitudes. De ce fait, la réalisation d'une carte présentant les preuves énumérées semble être un bon moyen de visualisation globale.

Etant donné la nature changeante des différentes preuves, l'utilisation de plusieurs types de cartes a été nécessaire :

- Les cartes topographiques,
- Les modèles numériques de terrain, avec une maille de 200 m (Swisstopo, 2012)
- Les cartes géologiques,
- Les orthophotos.

[1] Les cartes et les graphiques dont il est question dans ce chapitre seront présentés dans les résultats et dans l'interprétation des résultats.

### *4.1.1 Prise de connaissance de la région*

Une première approche a consisté en une découverte de la région étudiée en parallèle à la découverte des preuves citées par les différents ouvrages, avec un positionnement visuel des éléments importants sur les différentes cartes. Pour ce faire, toutes les cartes ont été nécessaires, de manière à avoir une bonne vision d'ensemble de la région d'étude.

### *4.1.2 Cartographie des dépôts tardiglaciaires*

Après avoir étudié de manière globale la zone d'étude, les dépôts présentant une importance particulière pour la situation des preuves de l'existence de lacs ont été mis en évidence. Les « Dépôts de retrait : graviers, sables, limons », sur la carte 1185 Fribourg et les « Dépôts fluvioglaciaires et glaciolacustres du Retrait würmien », sur la carte 1205 Rossens ont été sélectionnés à partir de la carte géologique. Puis, ils ont été digitalisés sous le nom d'« Epandages tardiglaciaires ». Ces dépôts sont particulièrement intéressants dans le cadre de ce travail de recherche étant donné qu'ils se sont accumulés lors du retrait des glaciers würmiens. Ils sont donc susceptibles de contenir des preuves de l'existence de lacs, et de présenter des morphologies en terrasses.

### *4.1.3 Cartographie des preuves de l'existence de lacs*

Une fois ces dépôts mis en exergue, il a été possible de cartographier les preuves inventoriées. Les différents éléments ont été cartographiés d'après la légende de l'Université de Lausanne (IGUL, 1993). Selon la nature des preuves, différentes cartes ont été utilisées. La carte géologique a servi de base pour la représentation de la plupart des éléments, tels que les « dépôts glaciolacustres », les « dépôts lacustres récents », et les marais. Les éléments ont alors été sélectionnés sur la carte géologique, puis digitalisés. De même, les éléments de la géomorphologie, tels que les kames, les vallums morainiques rhodaniens et les cordons morainiques unilatéraux rhodaniens ont été digitalisés à partir de la carte géologique.

Les nombreux marais de la région ont fait l'objet d'une cartographie partielle étant donné la nature incertaine de leur origine. En effet, seuls les marais se trouvant à proximité directe des zones d'épandages fluvio-glaciaires ou de paléolacs cartographiés ont été mis en évidence, car ils peuvent résulter du remplissage de paléolacs. Les marais situés à proximité des cours d'eau actuels et ceux trop éloignés des zones d'épandages fluvio-glaciaires, pouvant être dus à des dépressions dont le fond est imperméable, n'ont pas été cartographiés

## 4.2 Cartographie des bords de terrasses

Pour apporter des éléments de réponse à ce travail de recherche, les terrasses se révèlent être les principaux éléments géomorphologiques à cartographier. Comme il a été dit dans la partie théorique, les terrasses peuvent représenter des éléments morphologiques liés à la présence de lacs. Les sédiments qui s'accumulent à l'avant ou en marge des lacs ont tendance à s'accumuler en formant des structures planes qui marquent le niveau du lac. Cependant, des structures similaires sont susceptibles de se former par des processus d'érosion fluviatile, ce qui peut induire des confusions. Comme la zone d'étude se situe le long des principales rivières de la région et que la période ayant pu accueillir d'éventuels lacs a également vu naitre les cours d'eau actuels, il est difficile de distinguer les terrasses d'érosion des terrasses d'accumulation. Par conséquent, les terrasses présentes dans les dépôts d'épandages fluvioglaciaires ont été cartographiées indépendamment de leur origine. Toutefois, les terrasses situées dans le lit majeur des cours d'eaux actuels, ayant clairement été formées par l'érosion fluviatile, n'ont pas été représentées, car elles ne sont d'aucune utilité pour répondre à la problématique de ce travail.

L'identification des terrasses a été possible grâce au Modèle numérique de terrain, décrivant la surface terrestre en trois dimensions (Swisstopo, 2012). Seuls les rebords ont été représentés cartographiquement, leur surface semblant constituer une trop grande charge au niveau visuel.

Les critères utilisés pour la détermination des terrasses sont très subjectifs, puisqu'ils se basent sur une observation visuelle des Modèles numériques de terrain. Une structure plane horizontale suivie d'un talus constitue alors une terrasse. Lorsque le bord de celle-ci est identifié, il est représenté dans une couche regroupant toutes les terrasses.

La représentation cartographique des terrasses a occasionné une petite excursion sur le terrain, dans la région de La Roche – Pont-La-Ville et d'Oberried afin de visualiser les éléments géomorphologiques.

## 4.3 Analyse des terrasses

Simultanément à la cartographie des bords de terrasses, les relevés de l'altitude grâce au modèle altimétrique numérique swissALTI3D et de la longueur des terrasses grâce à l'outil de mesure sont réalisés dans la table d'attribut, dans le but d'une analyse ultérieure. L'altitude étant un point important de l'analyse, une brève analyse descriptive a paru appropriée. Ainsi, un premier graphique (*cf. Figure 7*) représentant la fréquence d'apparition des différents niveaux d'altitude a été réalisé à l'aide du logiciel SPSS. Par la suite, étant donné le nombre de terrasses et la taille de la région d'étude, il a semblé judicieux de regrouper les terrasses par région, de manière à obtenir des graphiques plus représentatifs, regroupant l'altitude et la longueur des différentes terrasses. Ces graphiques (*cf. Figure 8-13*), réalisés à l'aide d'Excel, permettent une visualisation synthétique de l'altitude et de la longueur de chaque terrasse pour les six régions suivantes :

- La Roche
- Entre Le Bry et Corpataux-Magnedens
- Autigny
- Ependes – Arconciel
- Marly
- Matran – Fribourg

## 4.4 Méthode utilisée pour l'interprétation des résultats

Une fois les résultats obtenus, la suite de la méthode a consisté en une observation méthodique des preuves de l'existence de paléolacs, des terrasses représentées cartographiquement ainsi que des graphiques synthétisant les caractéristiques des terrasses. Etant donné le sens de retrait du glacier du Rhône, la région a été libérée de la glace dans la direction Sud-Est – Nord-Ouest et l'écoulement des eaux s'effectuait vers le nord-est (Weidmann, 2005). Par conséquent, l'interprétation des résultats s'est effectuée dans cette même direction, région par région.

La topographie à disposition ne permet qu'une visualisation globale, sans modifications possibles. Afin de faciliter l'observation, une couche présentant les courbes de niveau a donc été créée à partir du modèle Swissalti, au moyen de la fonction « Contours » se trouvant dans les outils d'analyse spatiale d'ArcGis. L'espacement des courbes a été fixé à 10 m, évitant ainsi une surcharge de la carte. Par la suite, une mise en évidence des niveaux d'altitude présentant un intérêt pour l'observation des terrasses a été opérée, dans le but de définir les différents niveaux des potentiels paléolacs, qui ont également été cartographiés.

# 5 Résultats

Les résultats de la recherche sont présentés en deux parties. La représentation cartographique des preuves de l'existence de lacs résumant l'état de la question constitue la première partie, alors que la deuxième partie présente les terrasses obtenues par l'observation méthodique de la région ainsi que les graphiques synthétisant les terrasses pour chacune des six régions.

Les cartes présentent la région d'étude dans sa totalité à l'échelle 1 :70'000. Elles sont également disponibles en annexe (*cf. Annexes 1-3*).

## 5.1 Carte regroupant les preuves de l'existence de lacs

Dans un premier lieu, la cartographie des preuves obtenue dans la région d'étude permet de mettre en évidence la présence de deux niveaux d'épandages tardiglaciaires *(cf. Figure 7*). Le premier niveau s'étend principalement sur la rive gauche de la Sarine, à Autigny, au Bry et à Corpataux-Magnedens. Quelques dépôts se trouvent également sur la rive droite, à La Roche et à Treyvaux. Le second niveau s'étend dans la région de Seedorf et se répartit de manière égale sur les deux rives de la Sarine, à Matran et à Marly, à la confluence des deux affluents, la Glâne et la Gérine.

Le premier niveau d'épandage tardiglaciaire s'étend sur une vaste rangée d'altitude : les dépôts les plus élevés à Treyvaux se situent à environ 870 m et les plus bas se trouvent à environ 640 m, à Autigny. Le deuxième niveau s'étend sur une rangée plus restreinte : les plus hauts dépôts se trouvent à Marly à environ 690 m et les plus bas se situent à Matran aux environs de 580 m.

Dans un deuxième lieu, l'intérêt se porte sur les différents éléments sédimentologiques tels que les dépôts glaciolacustres, et les dépôts lacustres récents ainsi que sur les éléments géomorphologiques tels que les moraines, les kames, les deltas et les marais.

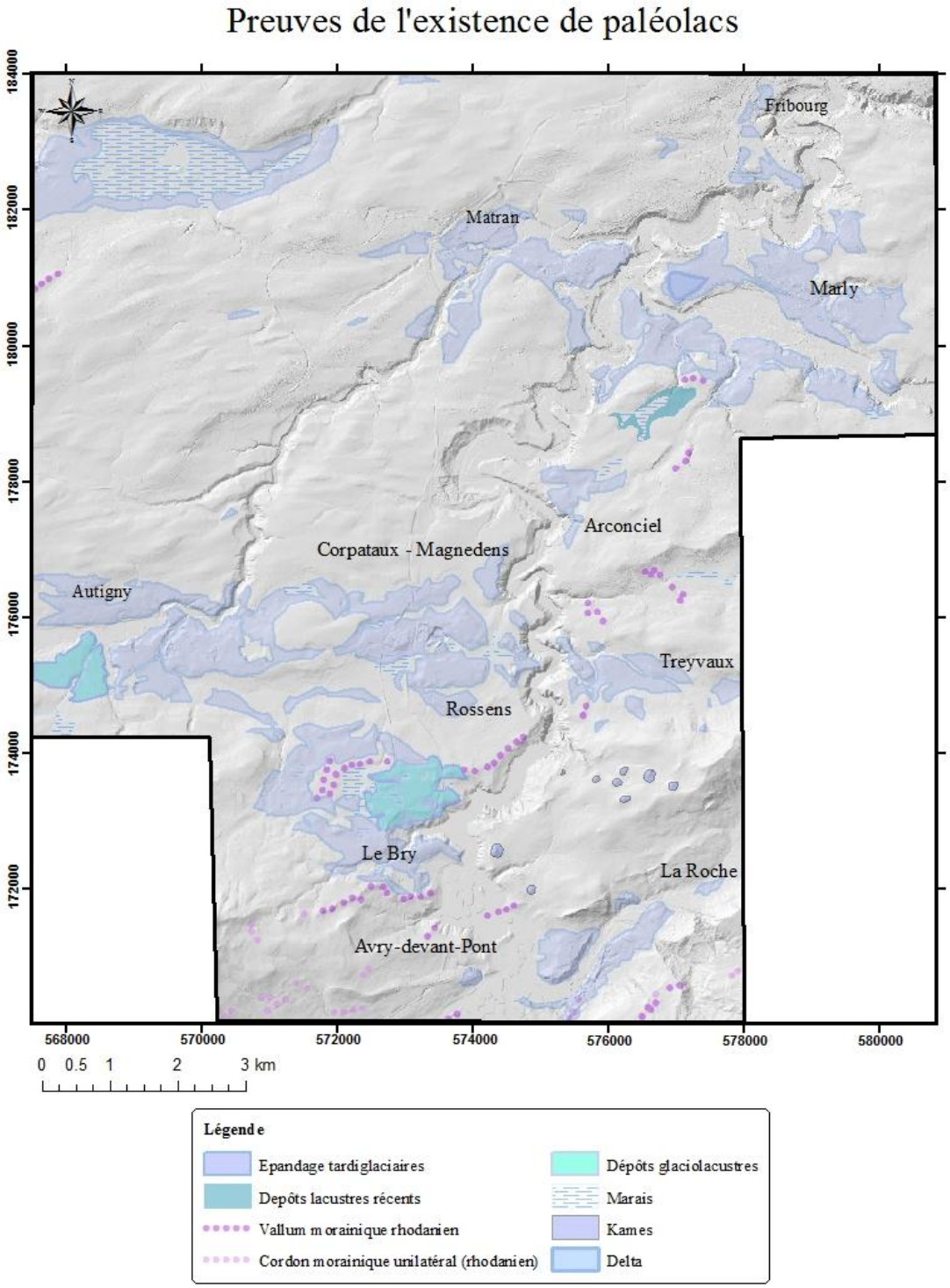



**Figure 7** : Représentation cartographique des preuves de l'existence de paléolacs dans la zone d'étude.

## 5.2 Les terrasses cartographiées

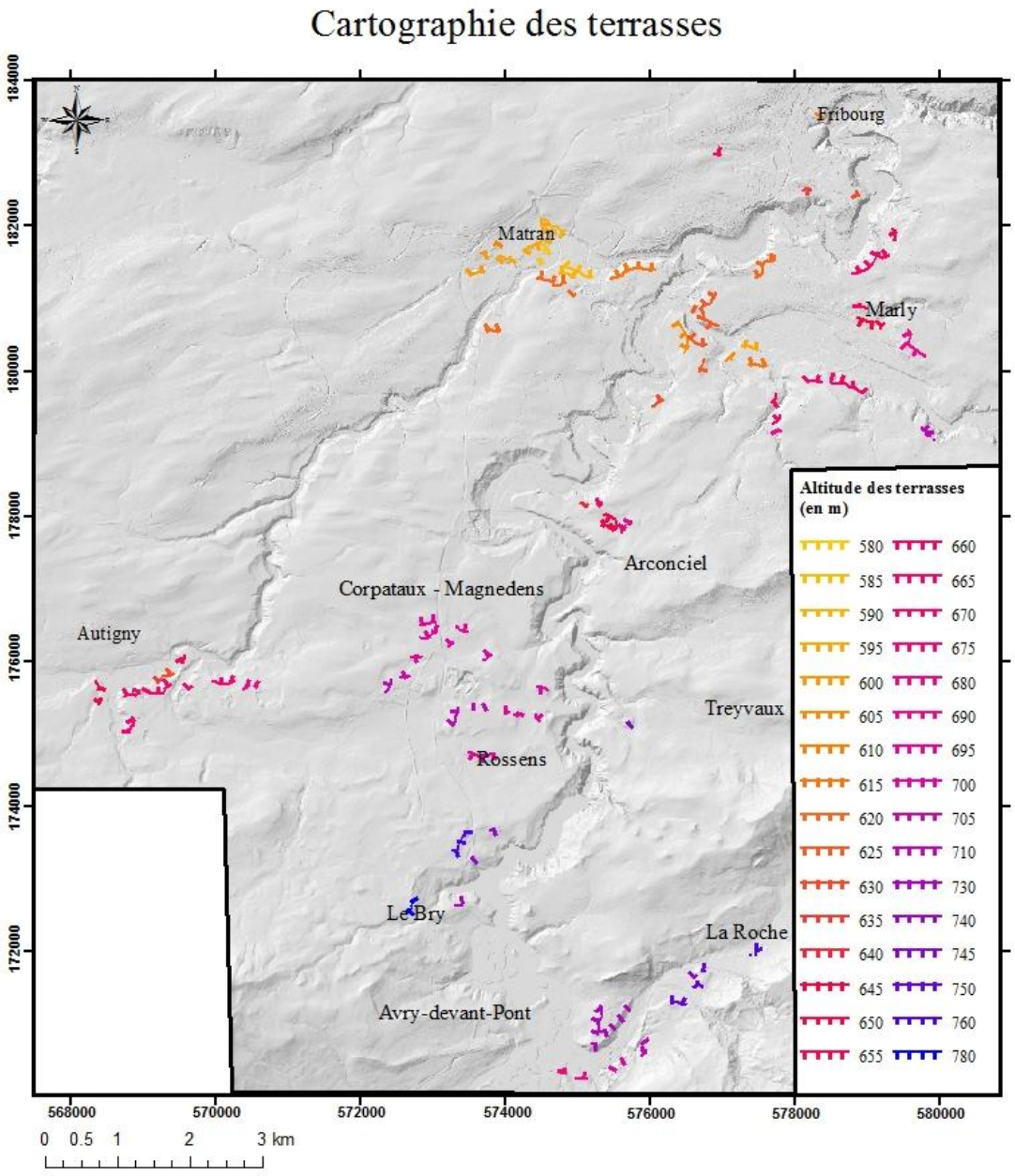



**Figure 8**: Représentation cartographique des terrasses de la zone d'étude.

La cartographie des bords de terrasses (*cf. Figure 8*) a conduit à l'identification de 97 terrasses dans les dépôts d'épandages tardiglaciaires cartographiés au préalable. Le résultat de cette cartographie peut être synthétisé par le graphique de la *Figure 9*. Les 97 terrasses se répartissent sur 32 niveaux d'altitude allant de 580 m à 780 m. L'élément principal à identifier réside dans la diminution de l'altitude des terrasses du sud au nord, mise en évidence par la classification opérée sur la carte de la *Figure 8*. De plus, ces terrasses se présentent généralement de manière groupée, ce qui a conduit à l'élaboration de six graphiques selon les six régions déjà mentionnées : La Roche, entre Le Bry et Corpataux-Magnedens, Autigny, Ependes – Arconciel, Marly, Matran – Fribourg, qui vont faire d'une analyse plus détaillée dans le chapitre « Interprétation et discussion des résultats ».

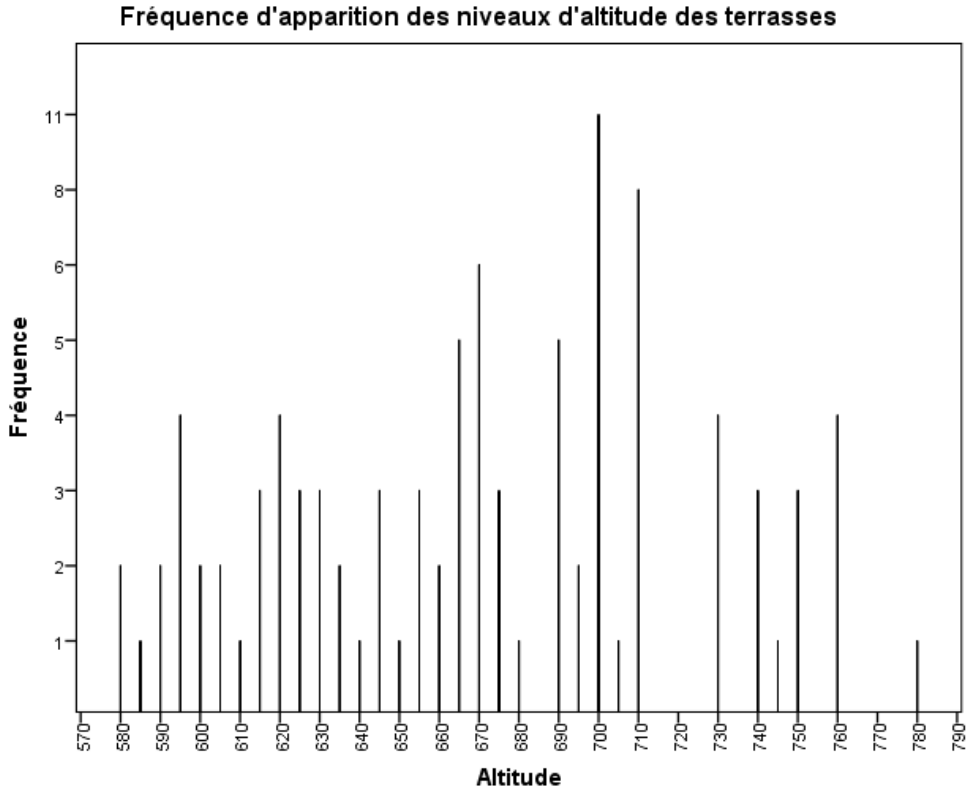



**Figure 9** : Graphique synthétisant les différents niveaux d'altitude et leur fréquence d'apparition.

# 6 Interprétation et discussion des résultats

L'intérêt de ce chapitre consiste en une mise en relation des résultats obtenus, soit les représentations cartographiques des preuves de l'existence d'un lac et des terrasses ainsi que des graphiques synthétiques des terrasses, dans le but de définir des régions potentiellement recouvertes par un lac lors du Tardiglaciaire. Les résultats vont donc faire l'objet d'une analyse plus poussée, sur la base des régions définies préalablement.

Pour chaque région, une carte de la zone d'étude a été réalisée à l'échelle 1 :70'000. Afin de ne pas surcharger le rapport, ces cartes sont présentées en annexe. Un zoom pour chaque région, également disponible en annexe, a été réalisé de manière à visualiser la mise en relation des éléments géomorphologiques.

## 6.1 Région de La Roche

Cette région constitue un cas particulier puisqu'elle a déjà fait l'objet d'études préalables (Emmenegger, 1962 et Braillard, 2004) qui ont abouti à l'établissement de trois niveaux de paléolacs et à la représentation des barrages glaciaires et morainiques (Blumer et Braillard, 2004) :

- Paléolac tardiglaciaire à 760 m, entre environ 17'000 et 15'000 av. J.-C.
- Paléolac tardiglaciaire à 725 m, entre environ 15'000 et 12'000 av. J.-C.
- Paléolac préboréal à 680 m, entre environ 9'500 et7'500 av. J.-C.

La méthode utilisée pour identifier les terrasses peut trouver en ces travaux préalables une vérification, d'où l'intérêt d'une analyse dans cette région. L'analyse des terrasses de La Roche (*cf. Figure 10*) montre la présence de trois terrasses de faible longueur à 760 m. Trois terrasses, dont deux d'une longueur considérable, se trouvent à 730 m, pouvant correspondre au niveau du paléolac à 725 m. Enfin, à 680 m, une seule terrasse a été identifiée.

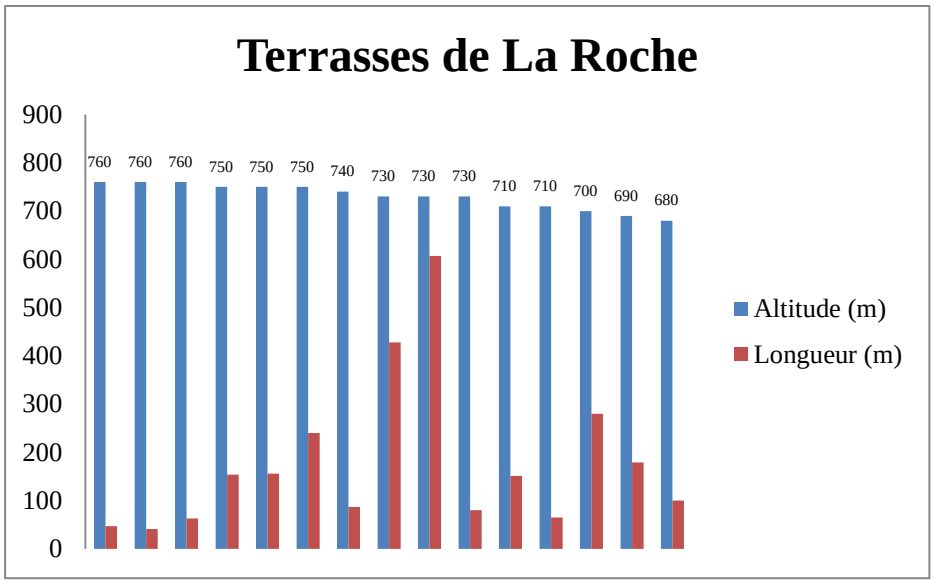



**Figure 10** : Altitude et longueur des terrasses de La Roche.

Les représentations cartographiques (*cf. Annexes 4 et 5*) correspondent relativement bien aux niveaux établis par les précédents travaux, toutefois, la présence d'importantes terrasses à 750 m, entaillées transversalement par un cours d'eau pourrait suggérer un niveau, bien qu'il semble plus probable que ce niveau de terrasse soit l'œuvre de l'érosion fluviatile, de même que les autres terrasses représentées.

Les travaux de Blumer et Braillard (2004) ont montré que le premier lac (760 m) était vraisemblablement de barrage glaciaire, alors que les deux suivants semblent être de barrage morainique, comme le prouve l'existence des quatre cordons morainiques à Avry-devant-Pont et Pont-la-Ville, au sud du Bry, au sud de Farvagny et à Rossens. Ces derniers ont en effet une altitude supérieure à 730 m, soit supérieure aux deux derniers paléolacs (environ 725 m et 680 m). Le « lac 760 » est représenté avec un barrage glaciaire, alors que les deux autres se prolongent vers l'aval, les moraines étant susceptibles de constituer un barrage.

L'hypothèse selon laquelle les terrasses de 760 m ont été formées par un lac de barrage glaciaire se trouve renforcée par l'existence des kames dans la région de Pont-la-Ville

qui impliquent une stagnation du glacier. Ainsi, le lac a pu présenter un niveau stable assez longtemps pour permettre l'installation de ces morphologies.

## 6.2 Région entre Le Bry et Corpataux-Magnedens

Les cinq terrasses identifiées au Bry se trouvent de 780 à 730 m avec deux terrasses à 740 m (*cf. Figure 11*). La particularité de cette région réside dans la présence de dépôts identifiés comme étant d'origine glaciolacustre dans les épandages tardiglaciaires, dont l'étendue n'est pas clairement établie. La présence de marais à l'intérieur et autour de ces dépôts peut également être mise en évidence. De plus, ces dépôts glaciolacustres sont entourés par des vallums morainiques rhodaniens qui ont pu faire office de barrage.

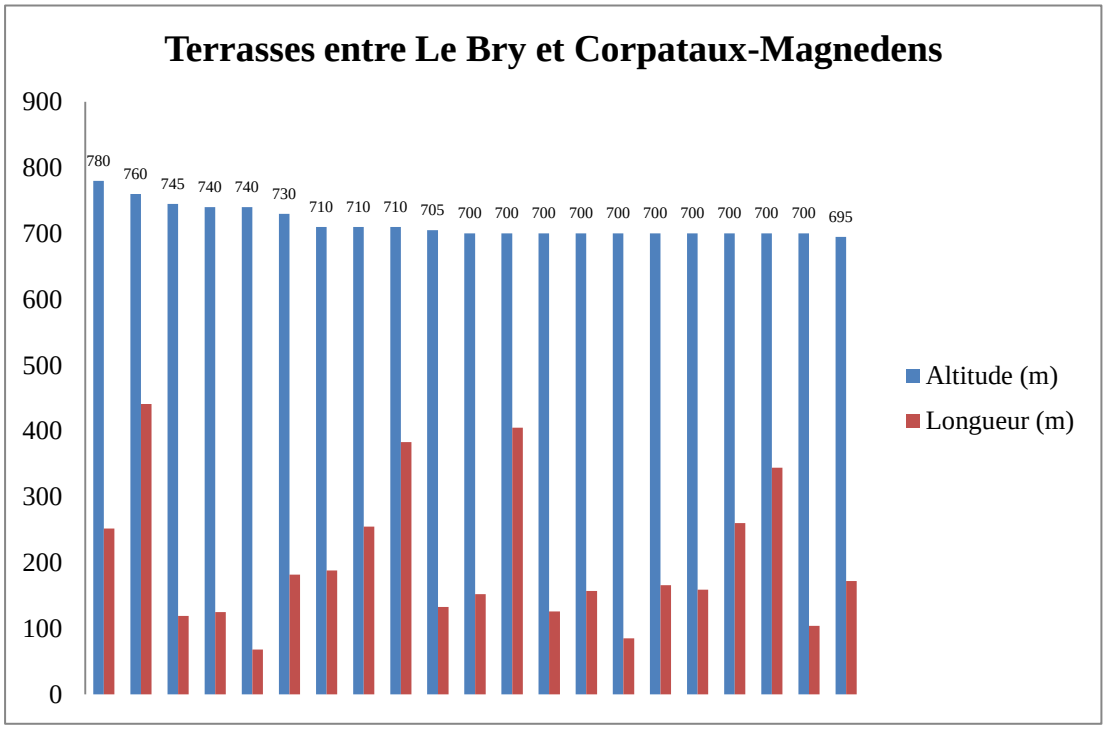



**Figure 11** : Altitude et longueur des terrasses situées entre Le Bry et Corpataux-Magnedens.

La terrasse à 730 m peut être rattachée au « paléolac 730 m » de la Gruyère (*cf. Annexes 4 et 5*) et les terrasses de 740 m peuvent également se rattacher à un paléolac de la Gruyère qui aurait pu être barré par la moraine de Rossens. Cependant, les dépôts glaciolacustres suggèrent un lac plus à l'ouest qui se situerait aux alentours de 760 m. Or, lors de l'existence du « paléolac 760 m », la région est supposée recouverte par le glacier du Rhône. L'existence d'un plan d'eau, barré par les moraines, ultérieur à ce « paléolac 760 m » semble donc plus plausible. En effet, ces dépôts sont entourés par les restes de trois moraines qui auraient pu faire office de barrage. La moraine au sud du Bry présente une altitude plus élevée que 760 m, ce qui n'est pas le cas des deux autres, dont l'altitude avoisine les 750-760 m, probablement en raison de l'érosion. De plus, les dépôts glaciolacustres sont cartographiés jusqu'à environ 800 m, mais leur étendue peut avoir été surestimée. Tenant compte de ces éléments réunis, un lac pourrait avoir existé dans cette région, mais son niveau demeure très incertain. Les dépôts glaciolacustres se trouvant à 760 m, le niveau du lac devrait être supérieur à cette altitude. Ainsi, un niveau a été établi à 780 m (*cf. Annexes 6 et 7*), altitude à laquelle se trouve une terrasse, en supposant que les deux moraines au nord aient été plus élevées et qu'un barrage glaciaire ait barré la vallée.

A Treyvaux (*cf. Annexe 3*), une seule terrasse a été identifiée, mais c'est à cet endroit que se rencontrent les dépôts d'épandages tardiglaciaires les plus élevés, à 870 m environ. En aval, se trouve une dépression remplie par les dépôts tardiglaciaires. La présence d'un reste de moraine à environ 750 m peut suggérer un lac éphémère formé par l'accumulation des eaux provenant de La Combert. Les preuves n'étant pas suffisantes, aucun lac n'est représenté pour cette zone, ce qui n'exclut pas forcément la présence d'un plan d'eau peu étendu…

Dans la région de Farvagny (*cf. Annexes 8 et 9*), les terrasses s'étagent entre 740 et 695 m avec la présence de dix terrasses à 700 m et de trois terrasses à 710 m. La présence de marais peut également se remarquer dans les dépressions. L'hypothèse de l'existence d'un lac dont le niveau atteignait 700 m peut être soulevée. Le niveau de ce lac aurait pu fluctuer, de manière à atteindre 710 m périodiquement. Cependant, seules ces deux preuves semblent la justifier. De plus, la position du glacier a été établie de manière aléatoire dans les dépressions, en gardant toutefois la direction sud-ouest – nord-est.

## 6.3 Région d'Autigny

Au sud d'Autigny, la présence de dépôts glaciolacustres peut être mise en évidence dans les dépôts d'épandages tardiglaciaires. Leur étendue n'étant pas précisée, les hypothèses qui vont suivre peuvent s'en trouver erronées. Les terrasses vont de 730 à 690 m (*cf. Figure 12*) et sont fréquemment représentées deux fois. Le haut des dépôts glaciolacustres se situe à environ 670 m et le bas de ces derniers est marqué par des terrasses situées à 645-650 m. Ces dépôts glaciolacustres suggèrent un lac dont le niveau était légèrement supérieur à 670. Les terrasses présentent 3 niveaux qui pourraient vérifier cette hypothèse, à 670, 675 et 690 m, chaque niveau étant composé de deux terrasses relativement longues. Cependant, les terrasses se situant très près des cours d'eau, il n'est pas exclu qu'elles soient de type fluviatile. Seuls les niveaux à 670 et 690 m ont été représentés cartographiquement (*cf. Annexes 10 et 11*), le niveau à 675 m risquant de surcharger la carte. La position du glacier a été déterminée de manière aléatoire, et repose principalement sur le fait que les dépôts d'épandages tardiglaciaires sont absents au nord de cette région.

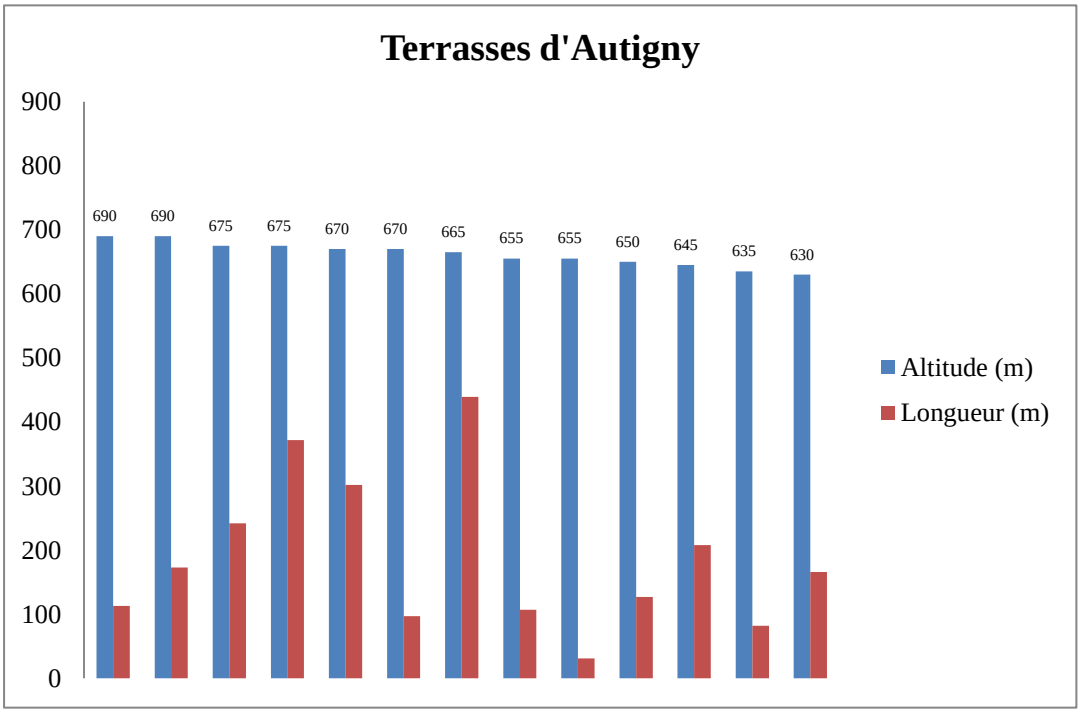



**Figure 12** : Altitude et longueur des terrasses à Autigny.

## 6.4 Région d'Ependes – Arconciel

La présence de quelques terrasses, dont trois à 670 m (*cf. Figure 13*) peut être mise en évidence au nord-ouest d'Arconciel. Toutefois, la principale observation dans cette région réside dans la présence de dépôts lacustres récents au Petit Ependes, qui pourraient être attribués au Tardiglaciaire (*cf. Annexe 13*). Au centre de ces dépôts, un marais peut être mis en évidence. De plus, les moraines du Brésil, à environ 680 m, et celle de Grange Neuve, à plus de 700 m, sont susceptibles d'avoir fait office de barrages. Des lacs sont donc susceptibles d'avoir recouvert la région avec des niveaux à 670 m et un autre niveau à 690 m (*cf. Annexes 12 et 13*), mais la faible quantité de preuves ne doit pas être négligée. La terrasse à 690 m d'Ependes, proche de la moraine du Brésil, peut être rattachée à ce lac. Toutefois, la position des deux autres terrasses d'Ependes semble plus vraisemblablement liée à la zone de Marly.

Les terrasses identifiées à Ependes semblent avoir été formées par le cours d'eau.

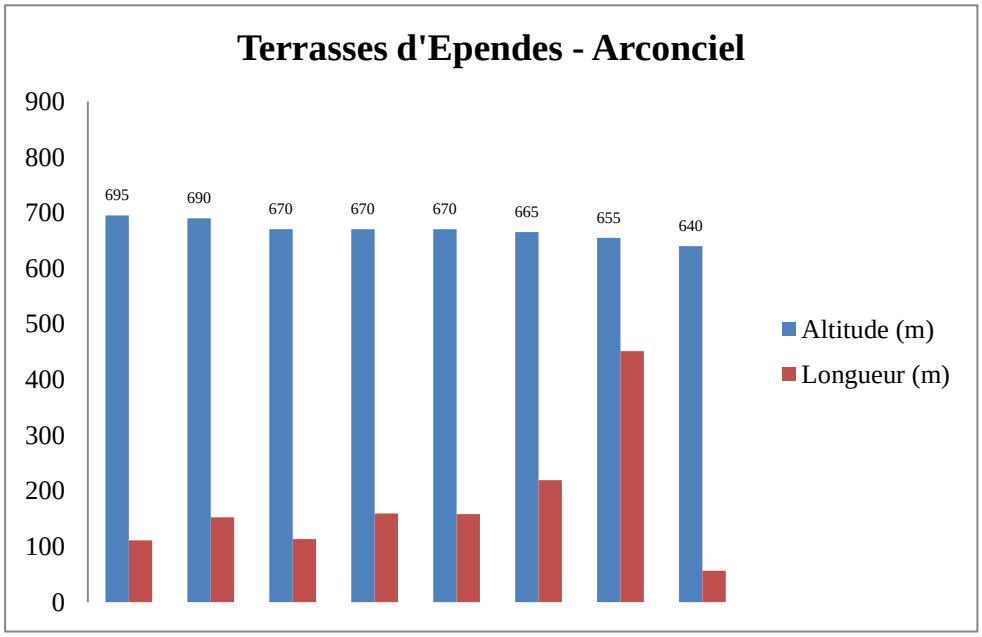



**Figure 13** : Altitude et longueur des terrasses entre Ependes et Arconciel.

## 6.5 Région de Marly

La région de Marly est caractérisée par un grand nombre de terrasses. Emmenegger (1962) a identifié des dépôts fluvio-glaciaires sédimentés dans un lac à 690 m et à 655-660 m. Effectivement, à 690 m, un rebord de terrasse ainsi qu'une vaste surface plane sont identifiables, mais l'étendue à l'ouest est très incertaine. De même, à environ 660 m, deux rebords de terrasses ainsi qu'un plateau peuvent être identifiés. La moraine du Brésil aurait pu faire office de barrage au sud du lac. A ces deux niveaux, vient s'ajouter l'altitude de 625 m représentée par trois terrasses (*cf. Figure 14*) de longueurs importantes et par le plateau de Marly-le-Grand, où une structure deltaïque a été identifiée par Van der Meer (1982).

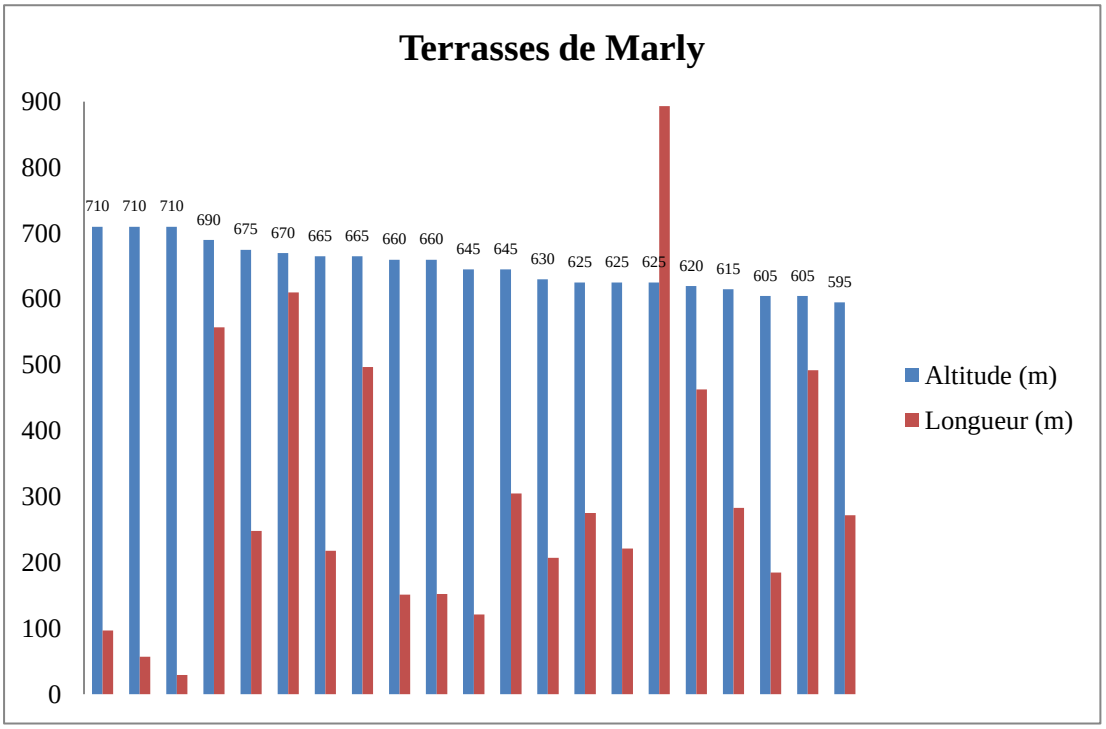



**Figure 14** : Altitude et longueur des terrasses de Malry.

Les trois lacs ainsi déterminés (*cf. Annexes 14 et 15*) se basent sur la présence d'un grand nombre de terrasses. En revanche, la présence d'un éventuel barrage glaciaire n'est pas certifiée. Cela a donc été déterminé de manière aléatoire et il est même peu

probable que le front du glacier soit resté en un même endroit au cours de l'existence des trois lacs hypothétiques, comme le montrent les représentations cartographiques. De plus, l'absence de dépôts d'épandages tardiglaciaires sur la rive gauche de la Sarine et le manque de preuves dans la région d'Ependes – Arconciel ne jouent pas en faveur de la présence de lacs (niveau 660 et 690 m) qui auraient recouvert une aussi grande surface.

## 6.6 Matran – Fribourg

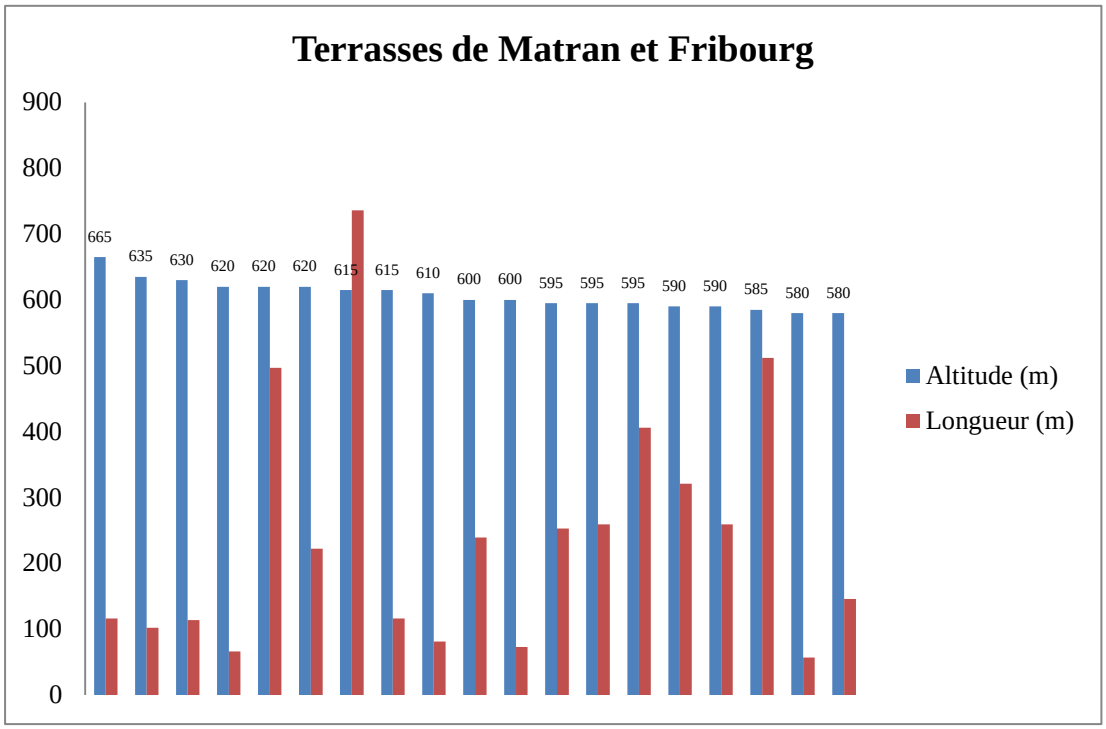



**Figure 15** : Altitude et longueur des terrasses de Matran et Fribourg.

La région de Matran présente également un nombre de terrasses important, avec, comme particularité, la présence de dépôts glaciolacsutres formant une terrasse à 595 m (*cf. Figure 15*), indiquée par trois rebords de terrasses considérablement longs délimitant un vaste plateau. Trois terrasses à 620 m, dont deux présentant une longueur importante ainsi qu'une longue terrasse à 615 m qui délimite un grand plateau, pourraient également représenter un niveau de lac. Le niveau à 615 m, étant trop proche de celui à 620, n'a pas été représenté sur la carte (*cf. Annexes 16 et 17)*, toutefois, la

longue terrasse est bien visible. Le niveau à 620 m présente la particularité de s'étendre à l'est, dans la région de Marly, où il coïncide presque avec le niveau à 625 m et devait s'étendre jusque vers Fribourg, où une correspondance avec des terrasses à 630 et 635 m pourrait être établie.

Les terrasses présentes à Fribourg sont difficilement reconnaissables en raison des actions anthropiques, notamment à cause du remblayage important opéré à Fribourg. Cependant, il est fait mention d'un lac de retrait glaciaire qui s'étend de la Place George Python jusqu'au Plateau de Pérolles (Python et al., 1998). De plus, les travaux de Monbaron et Indermuehle (1987) présentent trois niveaux de terrasses, mais aucun ne correspond à des épandages tardiglaciaires. Les preuves étant insuffisantes, aucun lac n'a été représenté à Fribourg.

## 6.7 Discussion générale

Cette interprétation des résultats, visant à déterminer la position d'éventuels lacs qui se seraient formés au Tardiglaciaire, peut faire l'objet d'une discussion générale. En effet, les terrasses sont principalement situées le long des cours d'eau actuels. Or, le réseau fluviatile actuel s'est mis en place lors du retrait du glacier du Rhône, pouvant provoquer des interactions entre les processus d'accumulation et d'érosion à l'origine des terrasses. L'identification géomorphologique des terrasses ne permettant pas de déterminer s'il s'agit de terrasse d'accumulation ou de terrasse d'érosion, cela a rendu l'interprétation difficile. De plus, la vidange graduelle du paléolac de la Gruyère, a conduit à l'enfoncement rapide de la Sarine dans son canyon, abaissant ainsi le niveau de base. Le taux d'érosion important a eu comme conséquence la destruction des dépôts d'accumulations fluvioglaciaires et glaciolacustres et des structures morphologiques internes. Cette érosion a pu être facilitée par le fait que le climat du Tardiglaciaire ne permettait pas encore l'installation d'une végétation bien développée capable de retenir le sol (Weidmann, 2005). Ainsi, seule la région entre Avry-devant-Pont et Rossens présente des moraines relativement bien conservées, alors qu'il n'y en a aucune en aval. Il est donc très difficile d'établir le déroulement de la déglaciation.

Les preuves de l'existence de lacs ainsi que les terrasses regroupées ont donc permis de définir les endroits probablement recouverts d'un lac, mais l'extension de ces lacs est généralement très incertaine de même que la position des barrages glaciaires.

Cette étude ne se base que sur des éléments géomorphologiques. Or, dans un cadre plus large, des études sédimentologiques et palynologiques permettraient d'apporter des réponses plus précises.

# 7 Conclusion

Au Tardiglaciaire, le retrait des glaciers et la naissance du réseau fluviatile actuel ont permis la mise en place de lacs de barrage glaciaire ou morainique dans les dépressions creusées par l'érosion glaciaire, comme le prouve le paléolac de la Gruyère.

La présence de ces lacs a conduit à la formation de structures typiques, tels que des deltas, des varves ou différents types de terrasses qui ont fait l'objet d'un intérêt particulier. Le long de la Sarine, entre La Roche et Fribourg, les dépôts d'épandages tardiglaciaires ont été analysés afin de mettre en évidence les preuves de l'existence de lacs ainsi que la présence de terrasses visibles géomorphologiquement, et ce, sous forme de cartes.

Ces cartographies ont abouti à une visualisation des preuves marquant la présence de lacs et à l'identification de 97 terrasses. L'interprétation de ces résultats s'est effectuée du sud-est au nord-ouest, région après région, et a permis d'identifier, de manière plus ou moins précise, la présence de différents lacs potentiels le long de la Sarine et ainsi d'illustrer ce à quoi aurait pu ressembler la région au cours de la déglaciation.

Cependant, la plupart du temps, le manque d'informations sur le type de terrasse, l'érosion qui a fortement endommagé les preuves ainsi que le manque de données quant à la position d'un barrage glaciaire ou morainique rendent ces interprétations peu fiables.

# 8 Bibliographie

**Livres & Thèses**

Benn, D. and Evans, D. (1998) *Glaciers and Glaciation.* London, Arnold.

Blum, M. D., Mariott, S. B. and Leclair, S. F. (eds) (2005) *Fluvial Sedimentology VII.* Oxford, Blackwell Publishing.

Bridge, J. S. and Demicco R. V. (2008) *Earth surface processes, Landforms and sediment deposits.* Cambridge, Cambridge University Press.

Campy, M. et Macaire, J.-J. (2003) *Géologie de la surface : Erosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux.* Paris, Dunod.

Crausaz, C. U. (1959) *Géologie de la région de Fribourg*. Thèse, Fribourg, Faculté des Sciences, Université de Fribourg.

Dorthe, J.-P. (1962) *Géologie de la région au Sud-Ouest de Fribourg.* Thèse, Bâle, Faculté des Sciences, Université de Fribourg.

Embleton, C. and King, C. A.M (1975) *Glacial Geomorphology*. London, Edward Arnold.

Emmenegger, C. (1962) *Géologie de la région sud de Fribourg. Molasse du Plateau et Molasse subalpine.* Thèse, Fribourg, Faculté des Sciences, Université de Fribourg.

Goudie, A. (2001) *The Nature of the Environment*. Oxford, Blackwell Publishers.

Gurnell, A. M. and Clark, M.J. (eds) (1987) *Glacio-fluvial sediment transfer: An Apline perspective.* Great Britain, John Wiley & Sons Ltd..

Lowe, J. J and Walker, M. J. C (1997) Reconstructing *Quaternary environments*. London, Pearson Education.

Meer, M. van der (1982) *The Fribourg Area, Switzerland: a study in Quaternary geology and soil development.* Amsterdam, Publ. Fys. Geogr. Bodemk. Lab. Univ..

**Articles scientifiques :**

Badoux, H. (1995) Le glacier du Rhône au Pléistocène, Société vaudaoise des Sciences naturelles (329) : 245-292.

Monbaron, M. et Indermuehele, P.-F. (1987) Fribourg et son site morphologique : entre terrasses et falaises, *Cahiers de l'Institut de Géographie de Fribourg* 5 (5) : 49-57.

Pugin, A. (1988) Déglaciation dans la vallée préalpine de la Sarine en Gruyère: une analyse sédimentologique, *Eclogae geol. Helv.* 82 (1) : 285-324.

Signer, C., Gorin, G. E., Pugin, A., Wildi, W. (2000) Investigation of glacial outwash sequence on the swiss plateau using high resolution seismic reflection, *Quaternaire* 11 (3-4): 207-217.

**Sites internet :**

Millet, D. (2004). La formation des terrasses alluviales : http://dominique.millet2.free.fr/terralluv.html [Consulté le 14 novembre 2012].

Swisstopo (2012). Modèles d'altitude : http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/fr/home/products/height/dhm25.html [Consulté le 14 septembre 2012].

**Autres :**

Blumer, R. et Braillard, L. (2004) Carte : *Evolution du paléolac de la Gruyère et occupation humaine au Mésolithique.* Rapport d'excursion de Géologie générale, département des Géosciences, Université de Fribourg.

Braillard, L. (2004) *Le Paléolac de la Gruyère.* Rapport d'excursion de Géologie générale, département des Géosciences, Université de Fribourg.

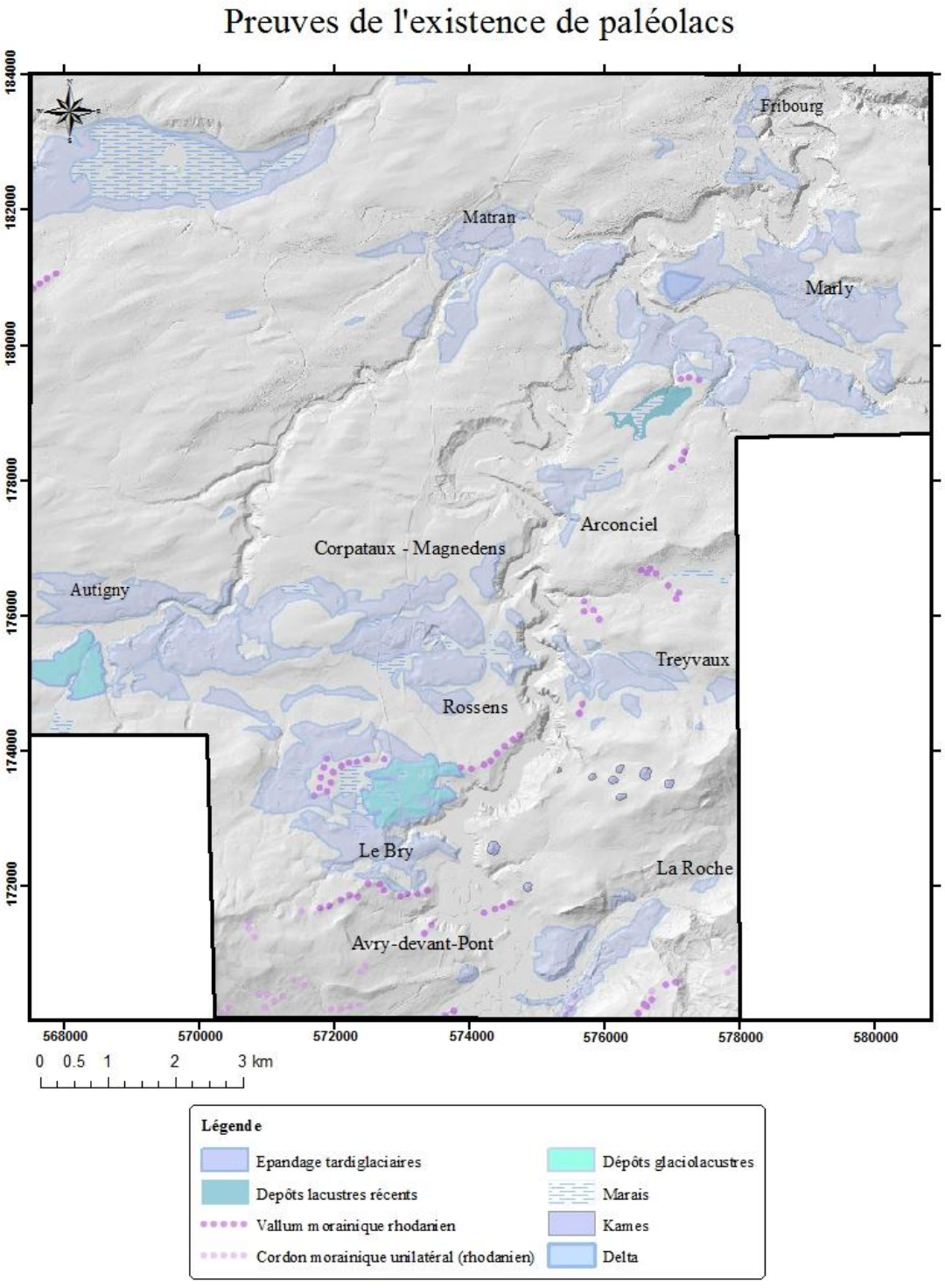
Weidmann, M. (2005) : Feuille 1205 Rossens. _ Atlas géol. Suisse 1 :25 000, Notice expl. *105*, Berne, Office fédéral des eaux et de la géologie.

Python, C., Berger, J.-P. & Plancherel, R. (1998) : Feuille 1185 Fribourg. – Atlas géol. Suisse 1 : 25 000, Notice expl. *98*, Berne, Service hydrologique et géologique national.

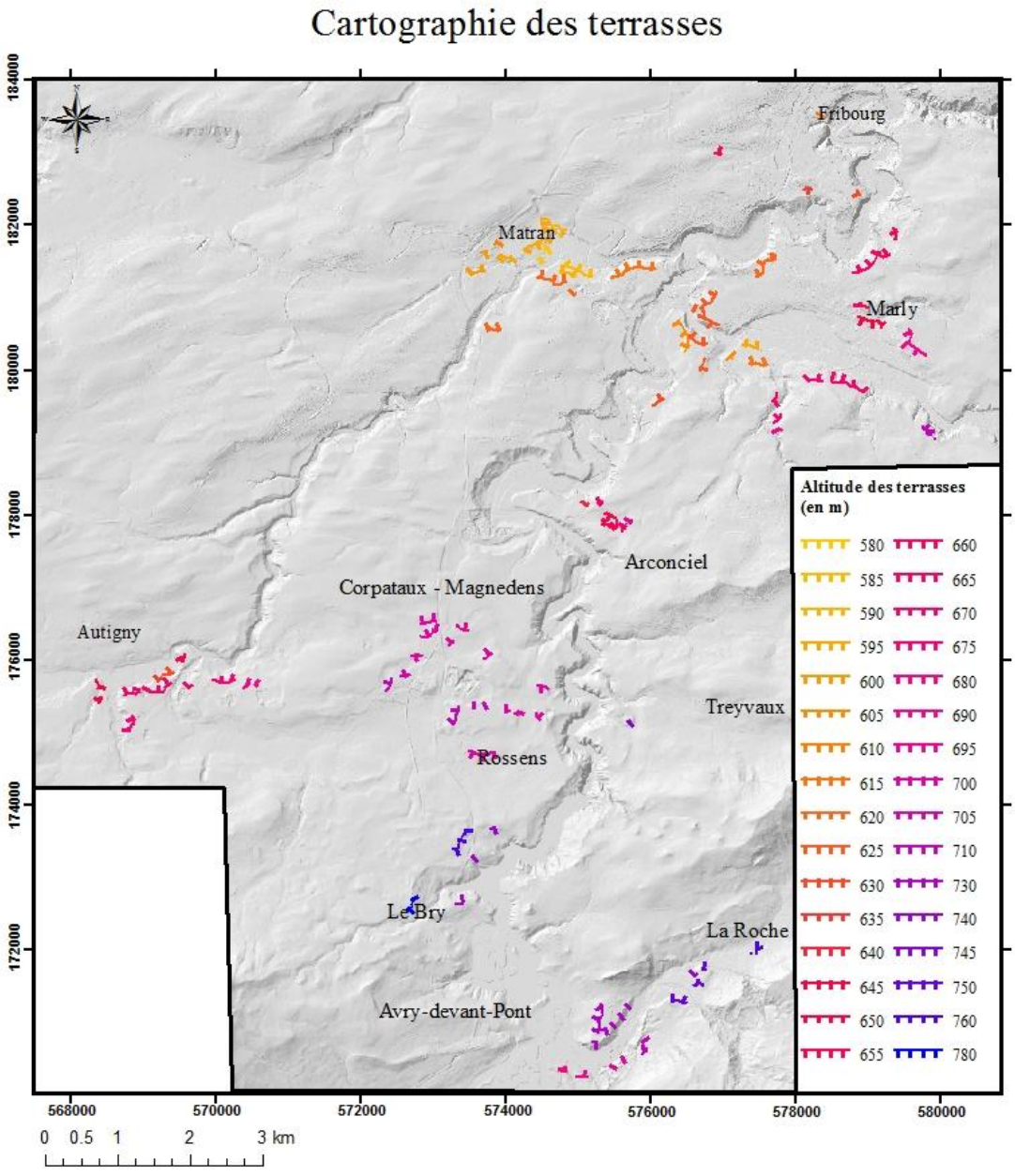
Schoeneich, P., Blant, M., Braillard, L., Coutterand, S., Gamond J.-F., Ivy-Ochs, S., Leesch, D., Ménard, G. et Preusser, F. (2011) *The age of the LGM in Western and Northwestern Alps (Switzerland and France). Results from various dating techniques.* Poster.

# Annexes

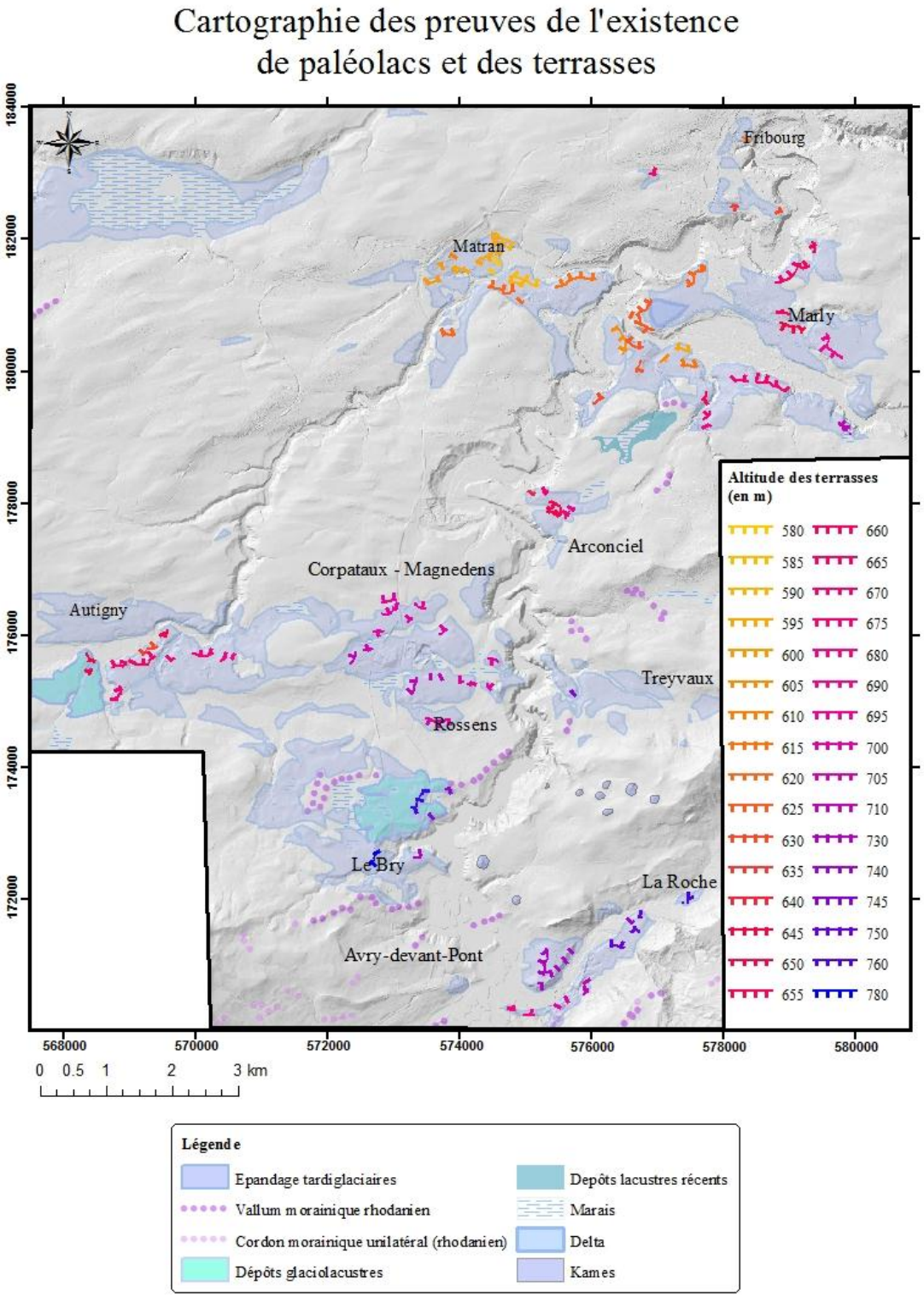
- **Annexe 1**



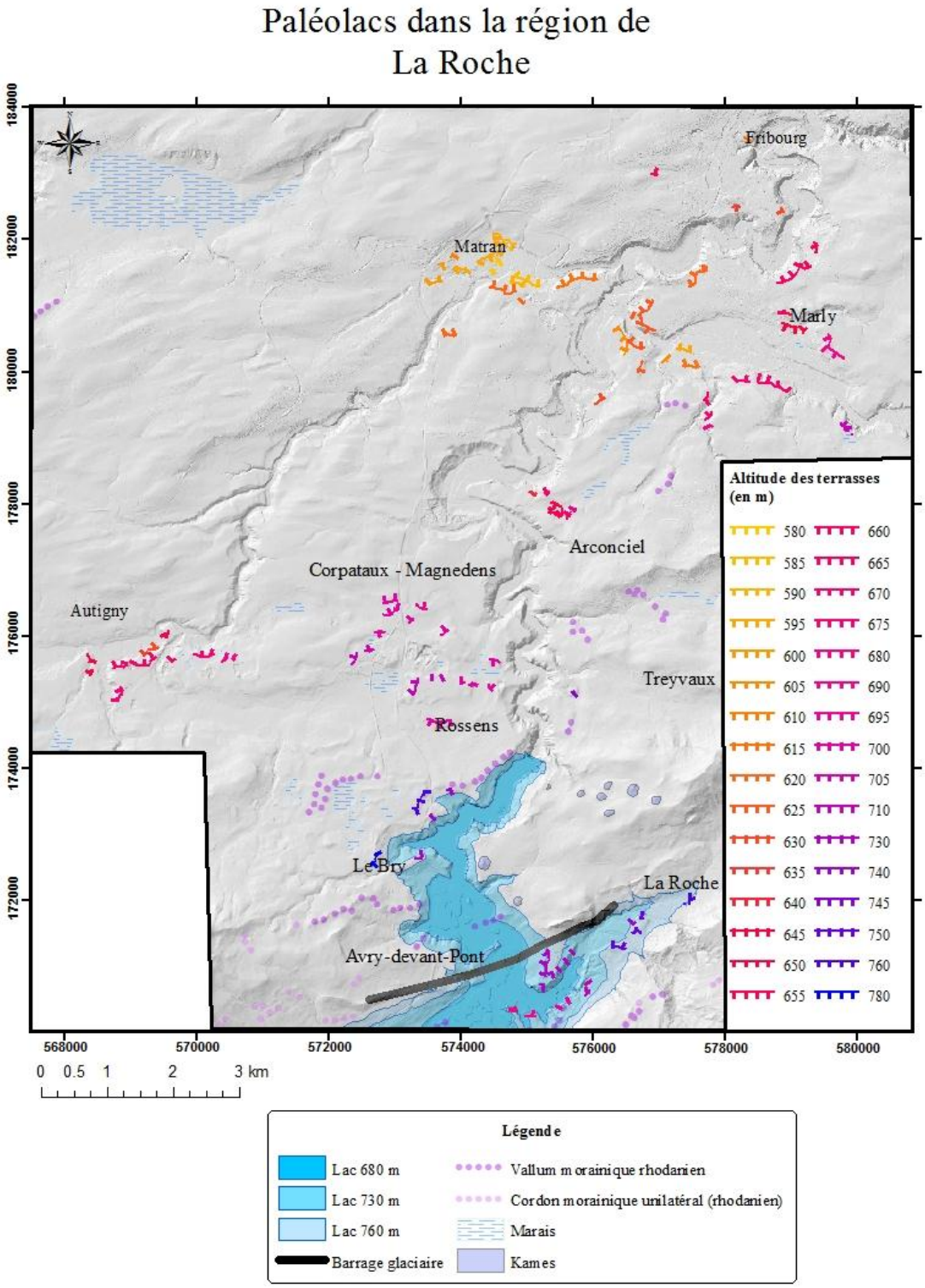
- **Annexe 2**


Cartographie des terrasses
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km

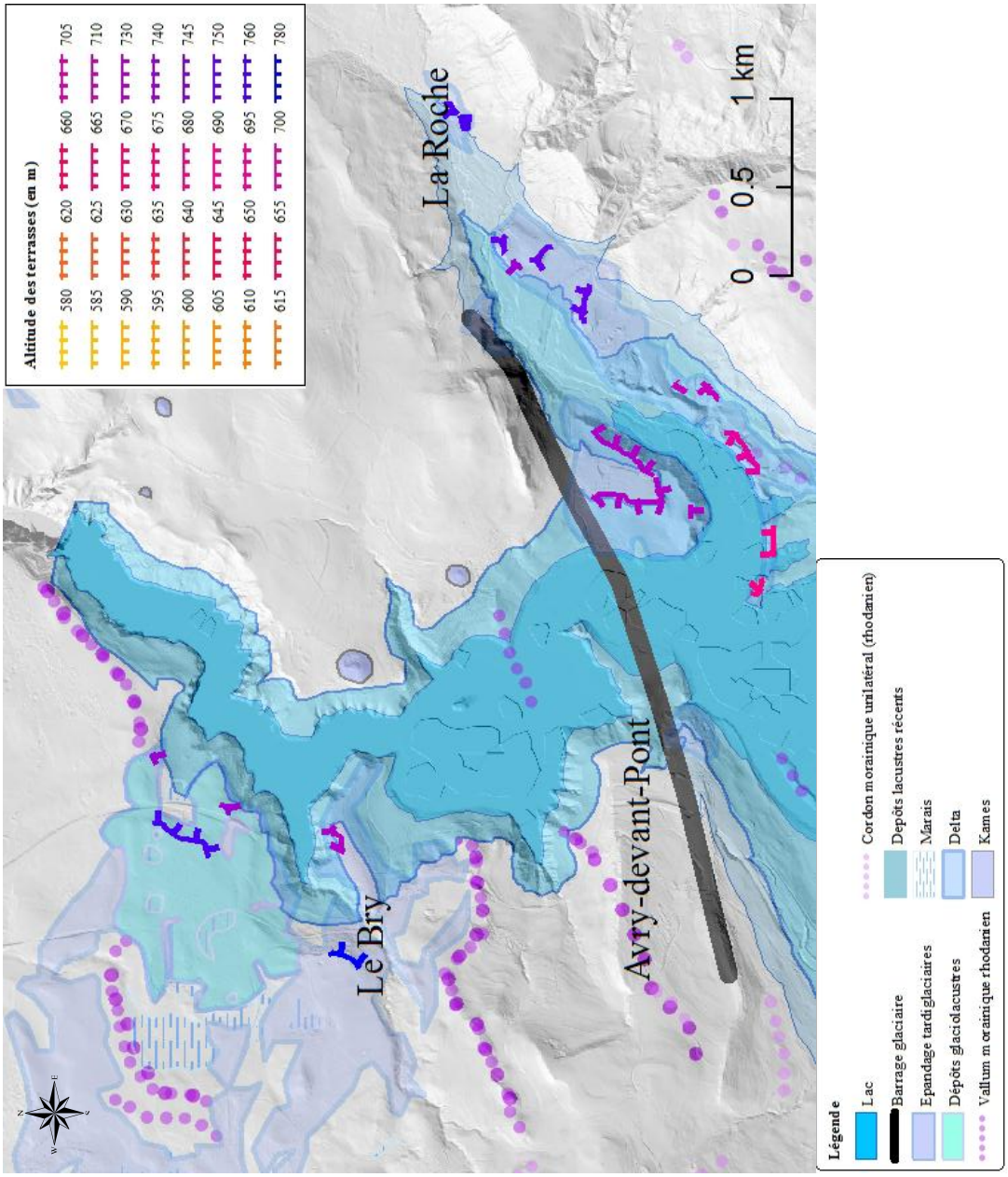
## ➢ Annexe 3


Cartographie des preuves de l'existence de paléolacs et des terrasses
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Epandage tardiglaciaires
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Dépôts glaciolacustres
Depôts lacustres récents
Marais
Delta
Kames

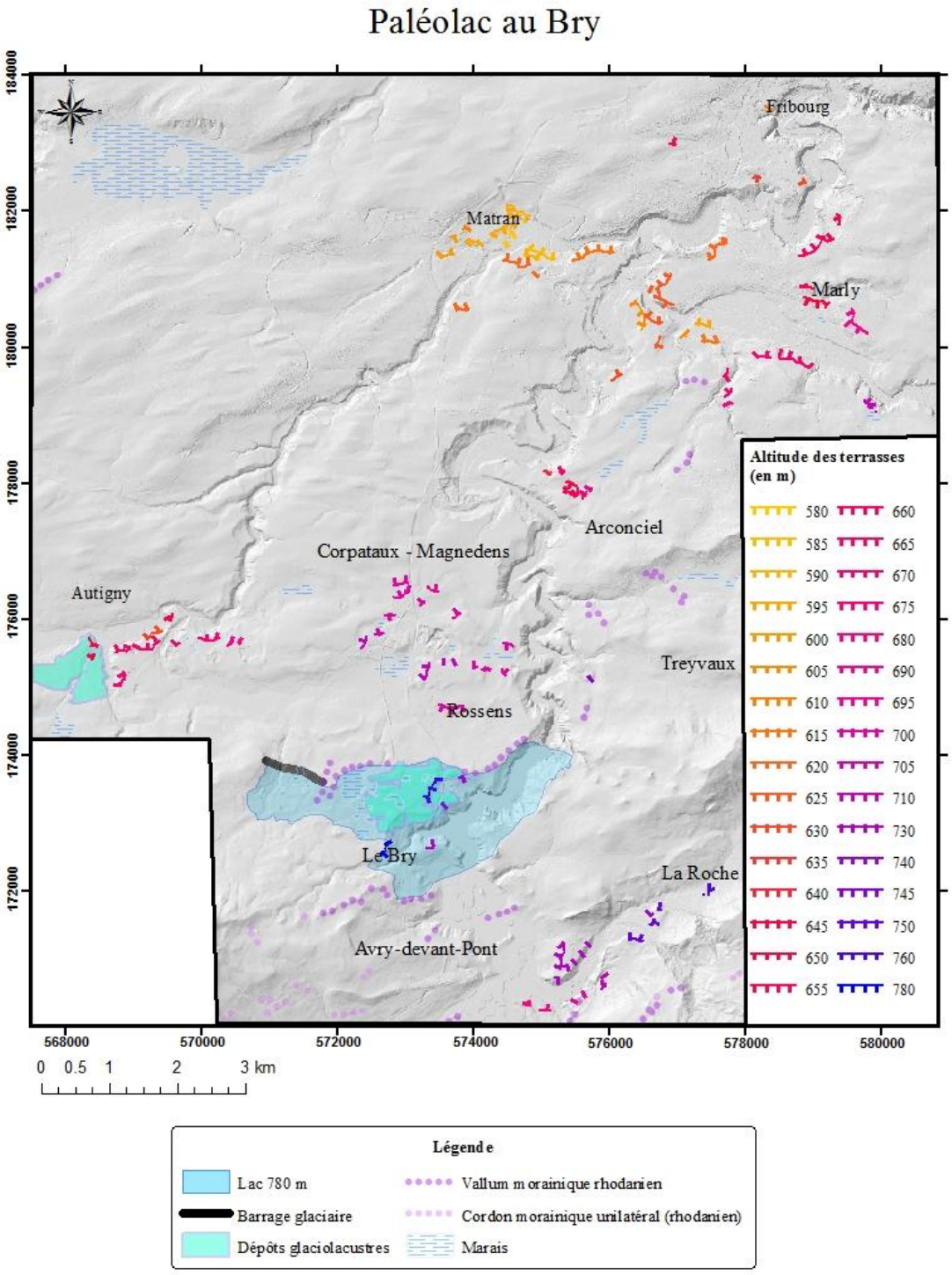
- **Annexe 4**


Paléolacs dans la région de
La Roche
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 680 m
Lac 730 m
Lac 760 m
Barrage glaciaire
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais
Kames

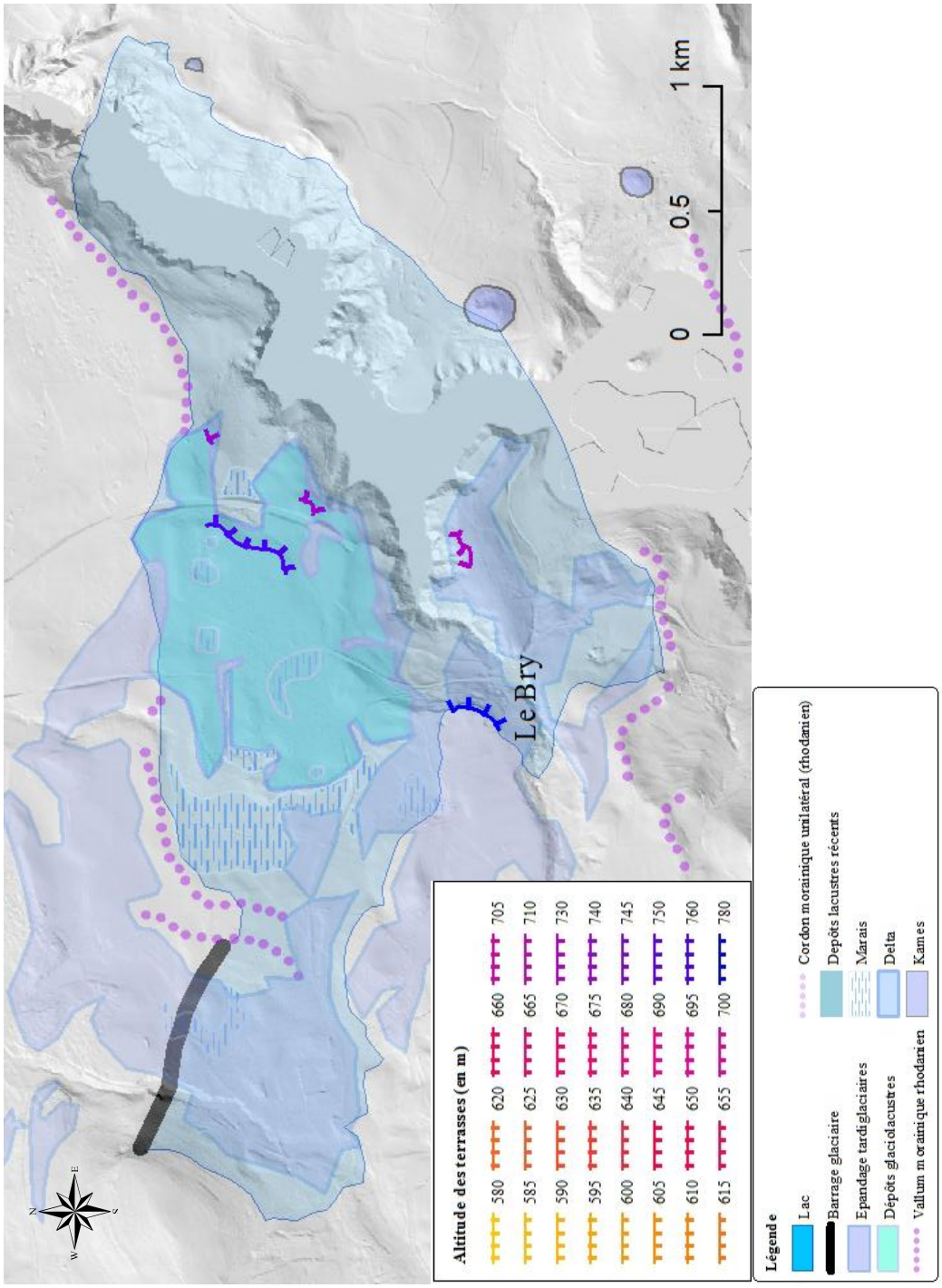
## ➢ Annexe 5 : Zoom sur La Roche



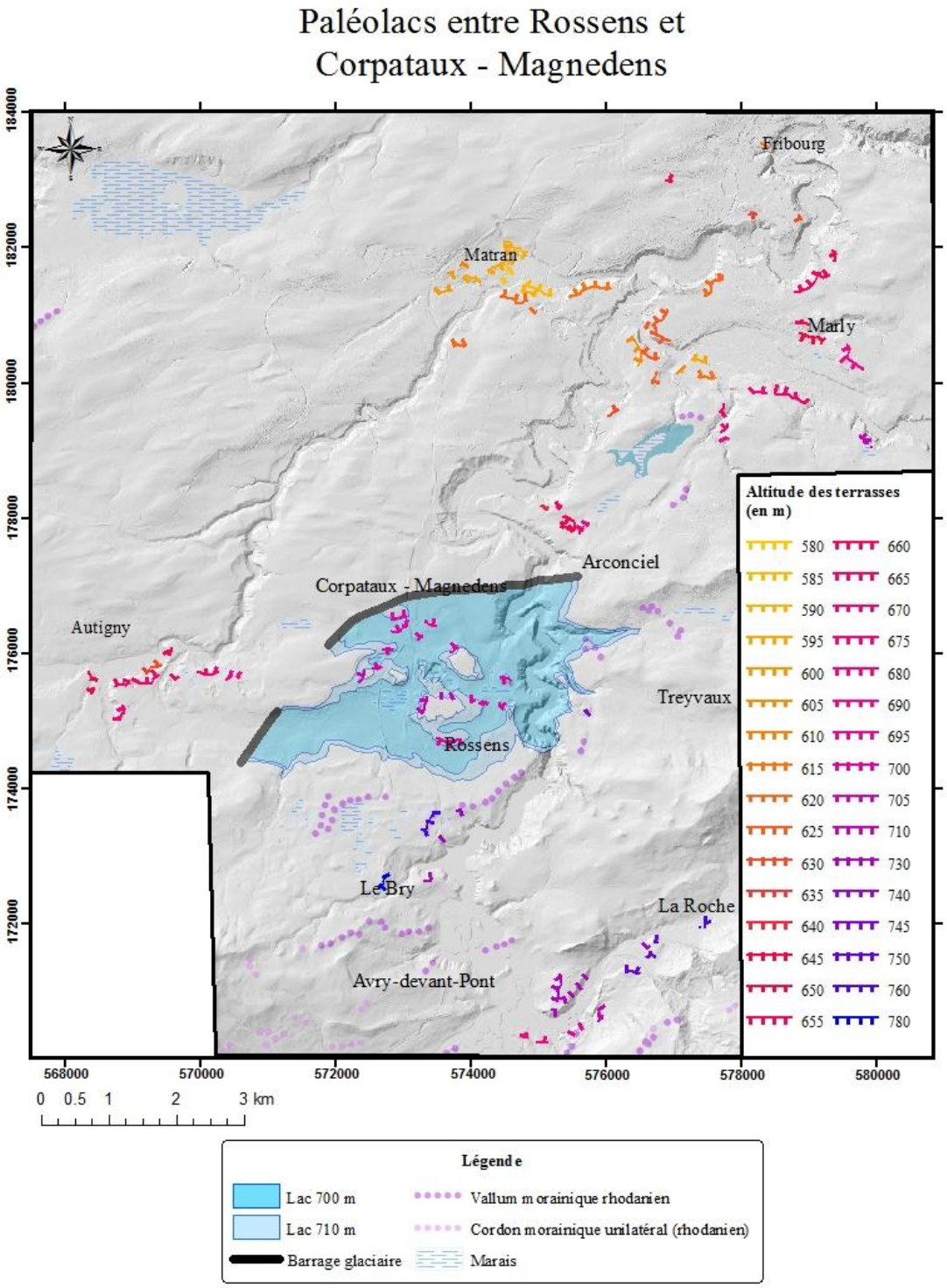
- **Annexe 6**


Paléolac au Bry
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 780 m
Barrage glaciaire
Dépôts glaciolacustres
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais

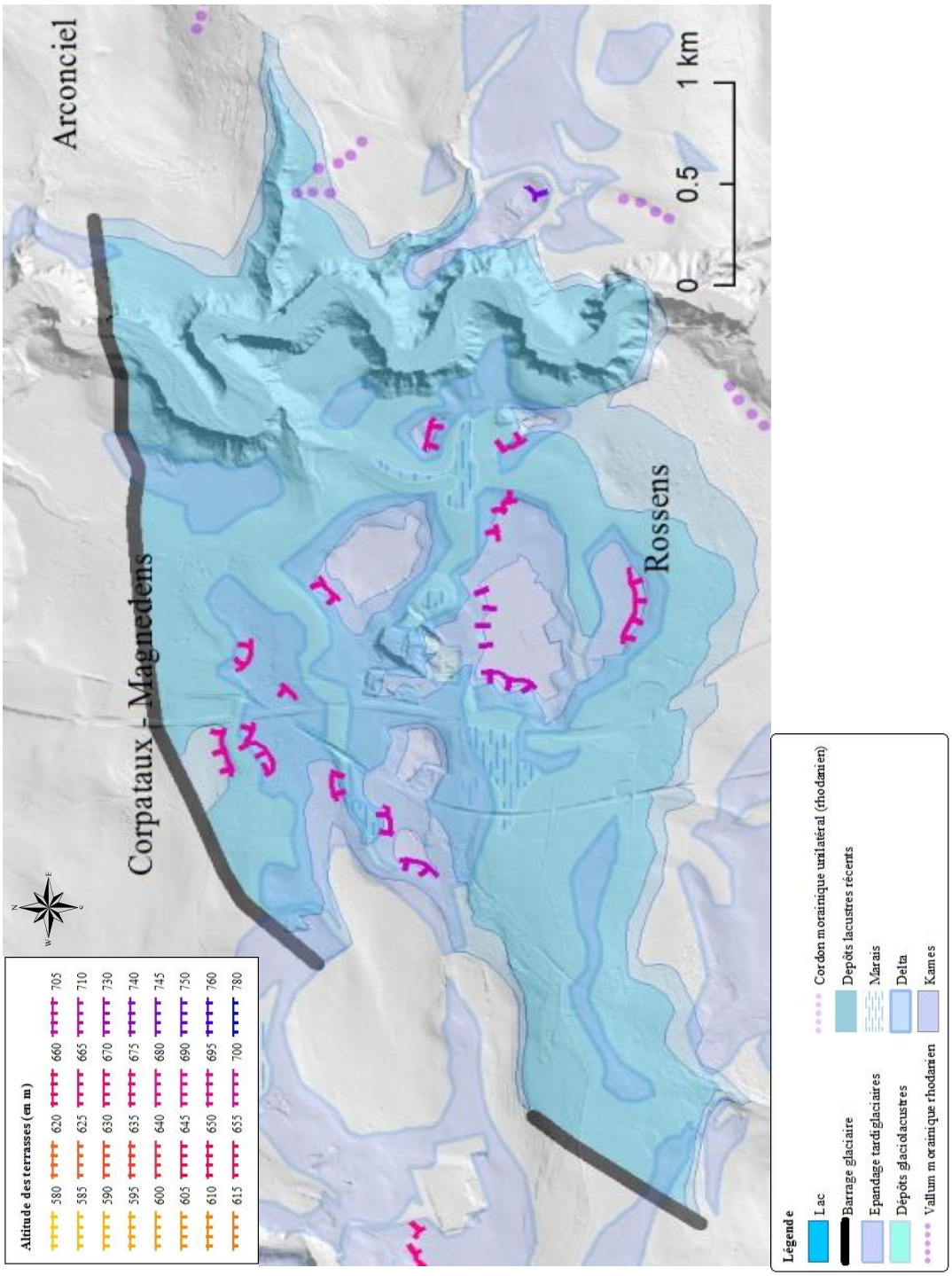
## ➢ Annexe 7 : Zoom sur Le Bry



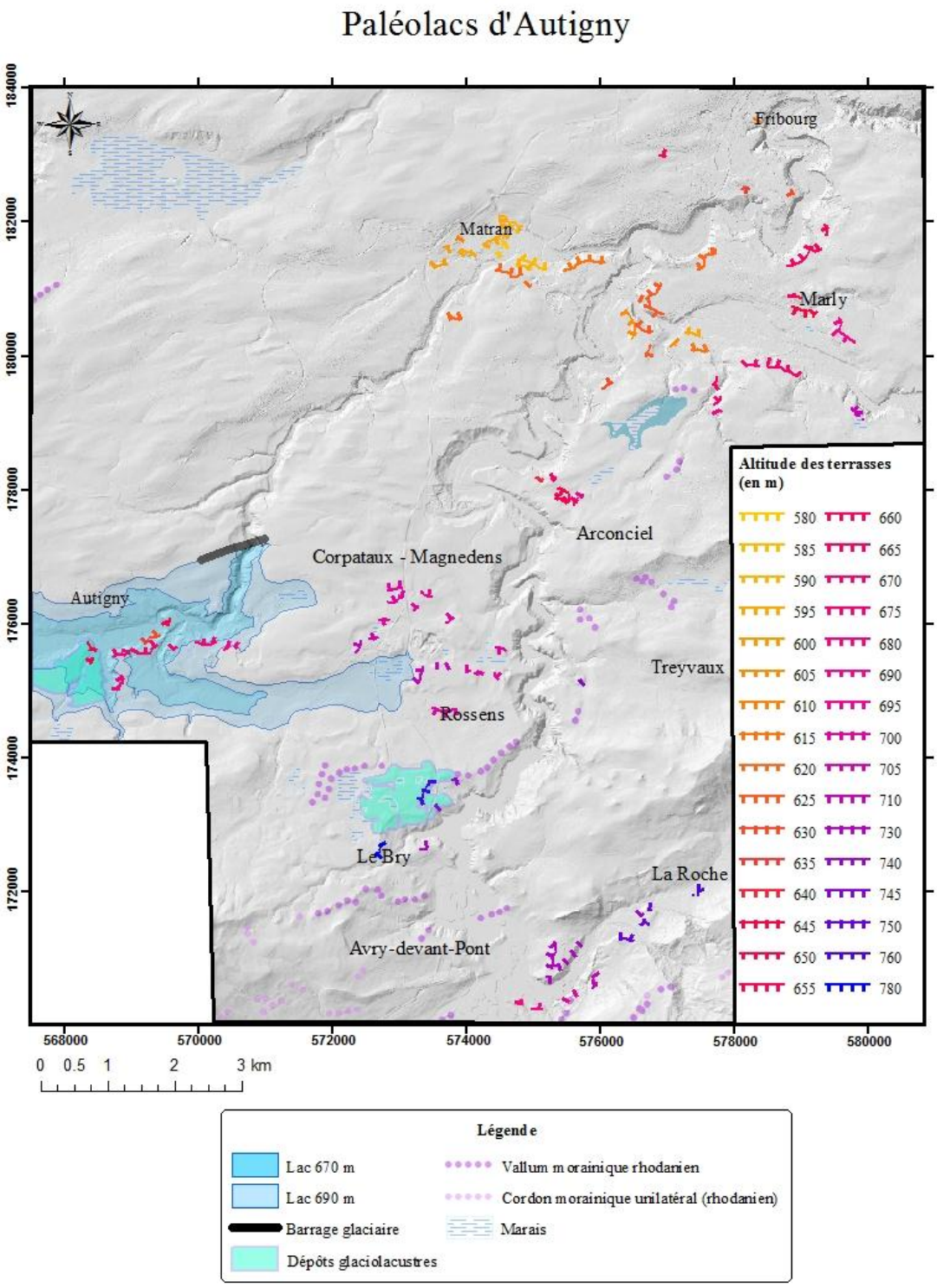
➢ **Annexe 8**


Paléolacs entre Rossens et Corpataux - Magnedens
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 700 m
Lac 710 m
Barrage glaciaire
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais

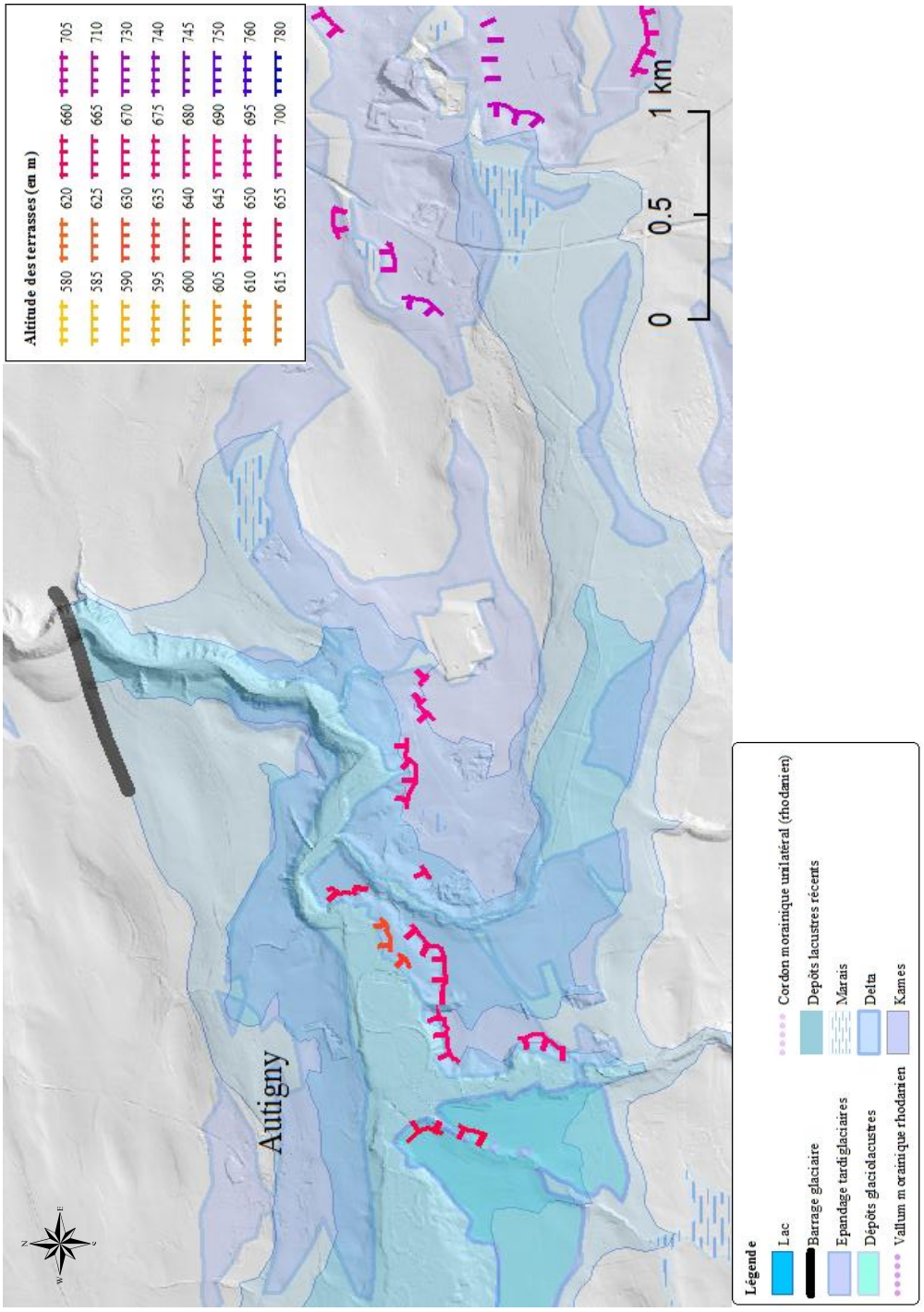
## ➢ Annexe 9 : Zoom sur la région entre Rossens et Corpataux-Magnedens



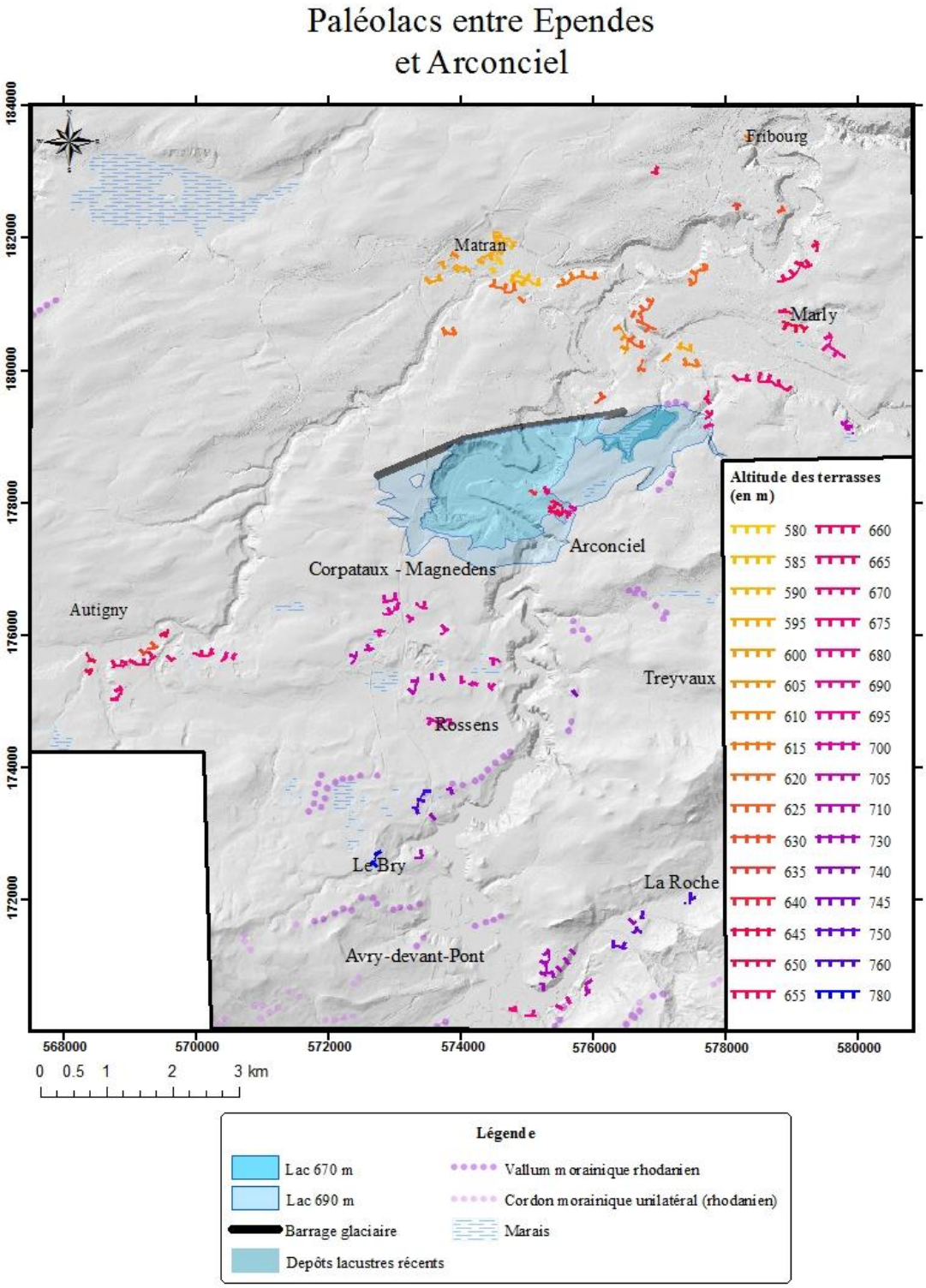
➢ **Annexe 10**


Paléolacs d'Autigny
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 670 m
Lac 690 m
Barrage glaciaire
Dépôts glaciolacustres
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais

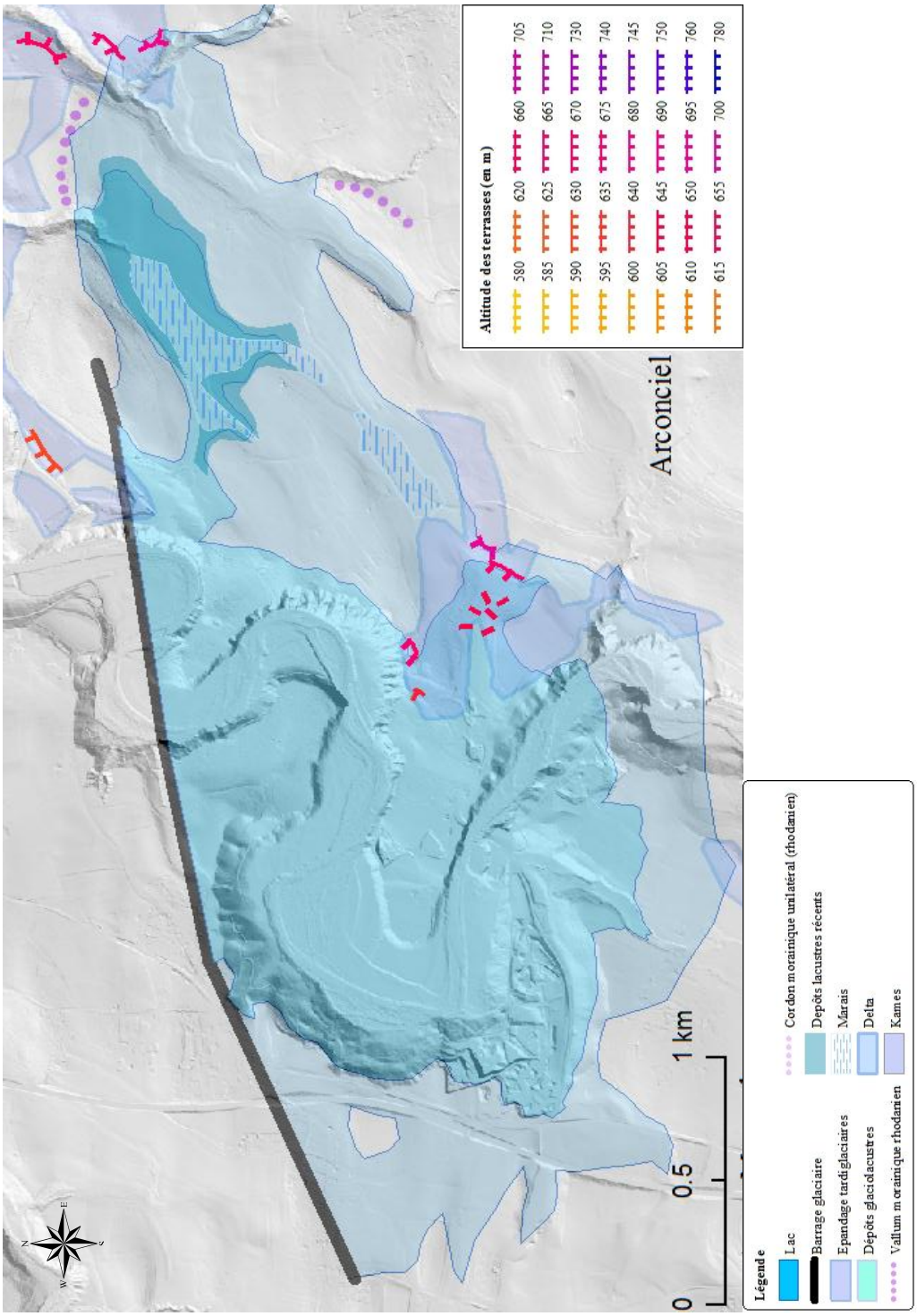
## ➢ Annexe 11 : Zoom sur Autigny



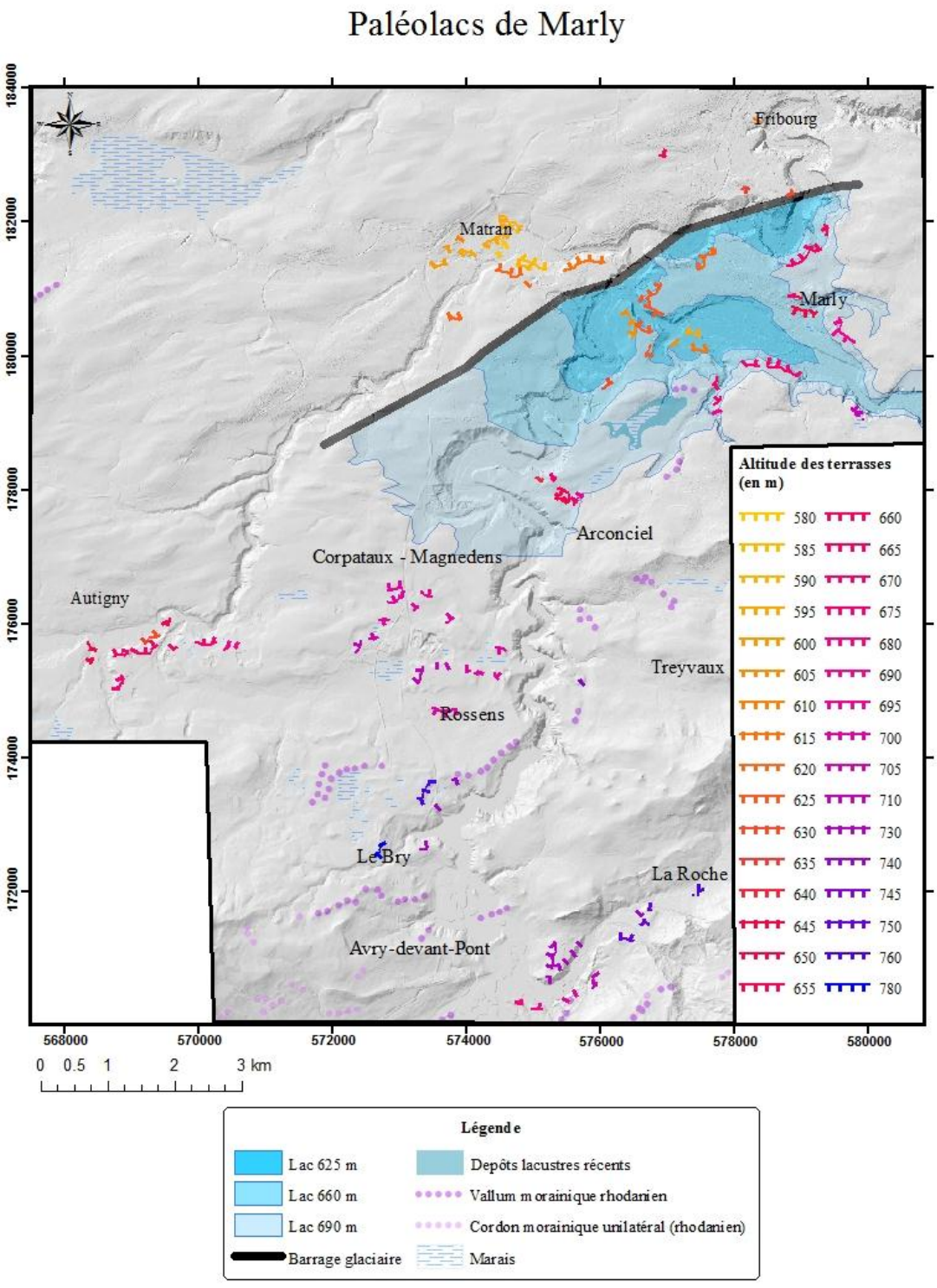
➢ **Annexe 12**


Paléolacs entre Ependes
et Arconciel
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses
(en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 670 m
Lac 690 m
Barrage glaciaire
Depôts lacustres récents
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais

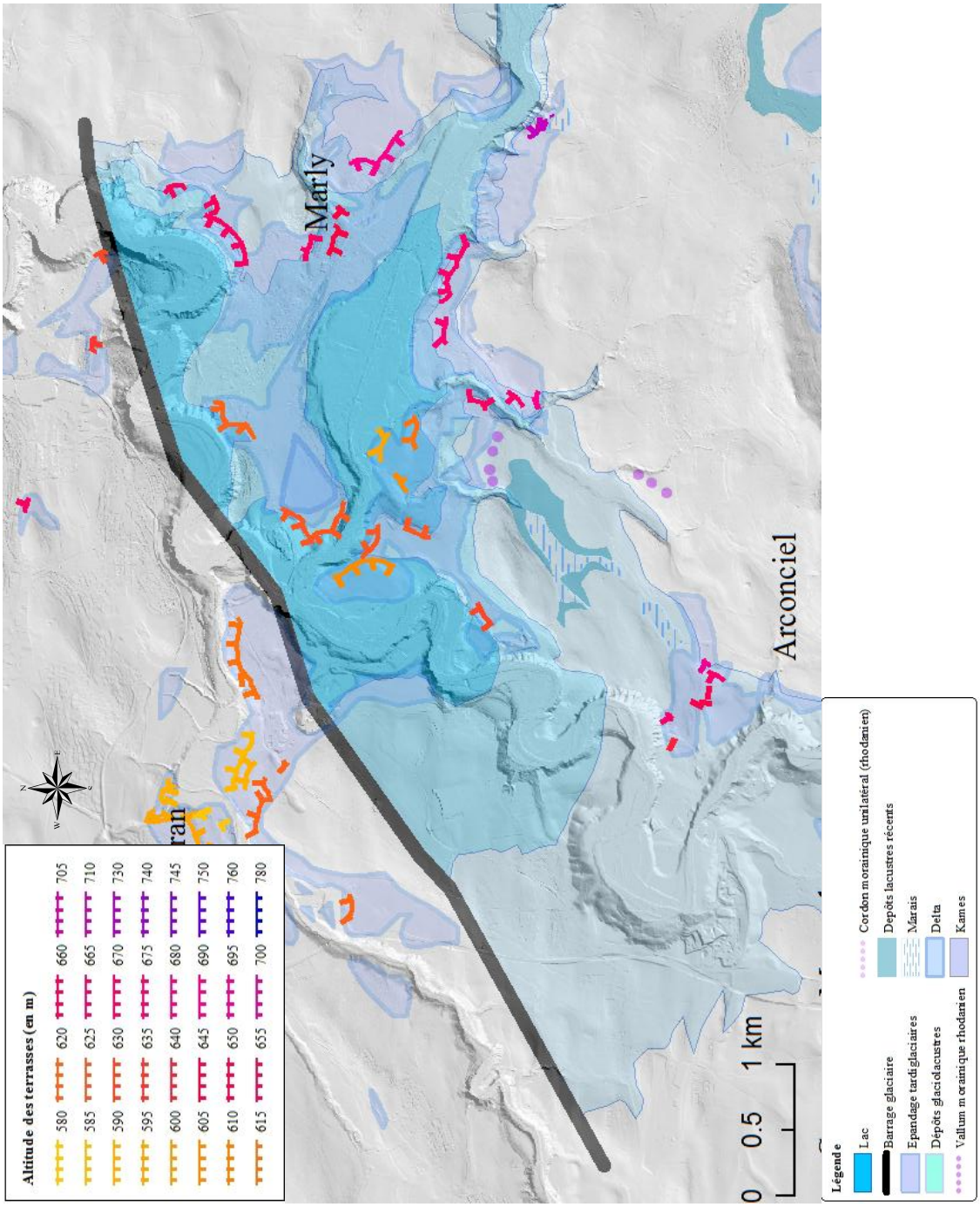
## ➢ Annexe 13 : Zoom sur Ependes - Arconciel



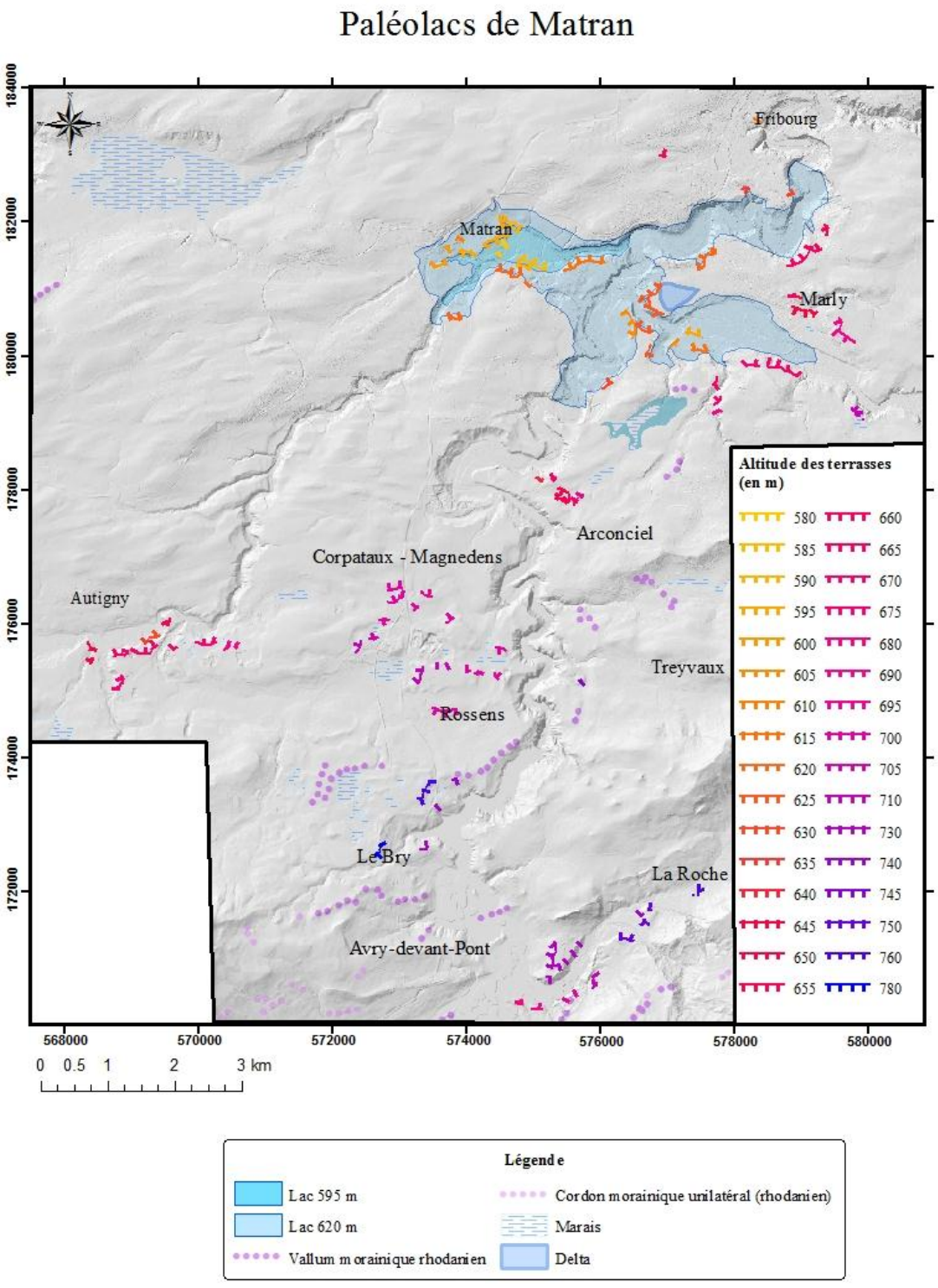
➢ **Annexe 14**


Paléolacs de Marly
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 625 m
Lac 660 m
Lac 690 m
Barrage glaciaire
Depôts lacustres récents
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais

➢ **Annexe 15 : Zoom sur Marly**



➢ **Annexe 16**


Paléolacs de Matran
Fribourg
Matran
Marly
Arconciel
Corpataux - Magnedens
Autigny
Treyvaux
Rossens
Le Bry
La Roche
Avry-devant-Pont
Altitude des terrasses (en m)
580 660
585 665
590 670
595 675
600 680
605 690
610 695
615 700
620 705
625 710
630 730
635 740
640 745
645 750
650 760
655 780
184000
182000
180000
178000
176000
174000
172000
568000
570000
572000
574000
576000
578000
580000
0 0.5 1 2 3 km
Légende
Lac 595 m
Lac 620 m
Vallum morainique rhodanien
Cordon morainique unilatéral (rhodanien)
Marais
Delta

## ➢ Annexe 17 : Zoom sur Matran

