

*Rapport 08-09*

**Ligne EOS 220 kV  
St-Triphon – Mühleberg  
Ligne Groupe E 60/18 kV  
Botterens – Monteynan**

**Communes d'Arconciel et de Treyvaux**

**Étude ORNI**

*Dossier TR2221DPC-01*

## Table des matières

1	Contexte .....	3
2	Objectifs.....	4
3	Hypothèses de calcul et données électriques .....	4
3.1	Lignes concernées.....	4
3.2	Données à disposition.....	5
3.3	Conducteurs sur les tronçon concernés:.....	5
3.4	Flux déterminants .....	5
3.5	Phasage.....	6
3.6	Profils considérés.....	7
3.7	Méthodes numériques utilisées.....	8
4	Résultats des calculs .....	9
5	Conclusions .....	9
	Annexe 1 – Plans de situation avec indication des profils et des limites ORNI .....	10
	Annexe 2 – Cartes des champs d'induction magnétique .....	16

## 1 Contexte

Dans le cadre de leur plan directeur, les autorités fribourgeoises prévoient des extensions des zones à bâtir dans les communes de Treyvaux et d'Arconciel. Parmi les parcelles concernées, certaines se trouvent à proximité de lignes du Groupe E et d'EOS (Figure 1). Dès lors, les autorités ont approché le Groupe E afin de connaître si les secteurs concernés respectaient les limites ORNI.

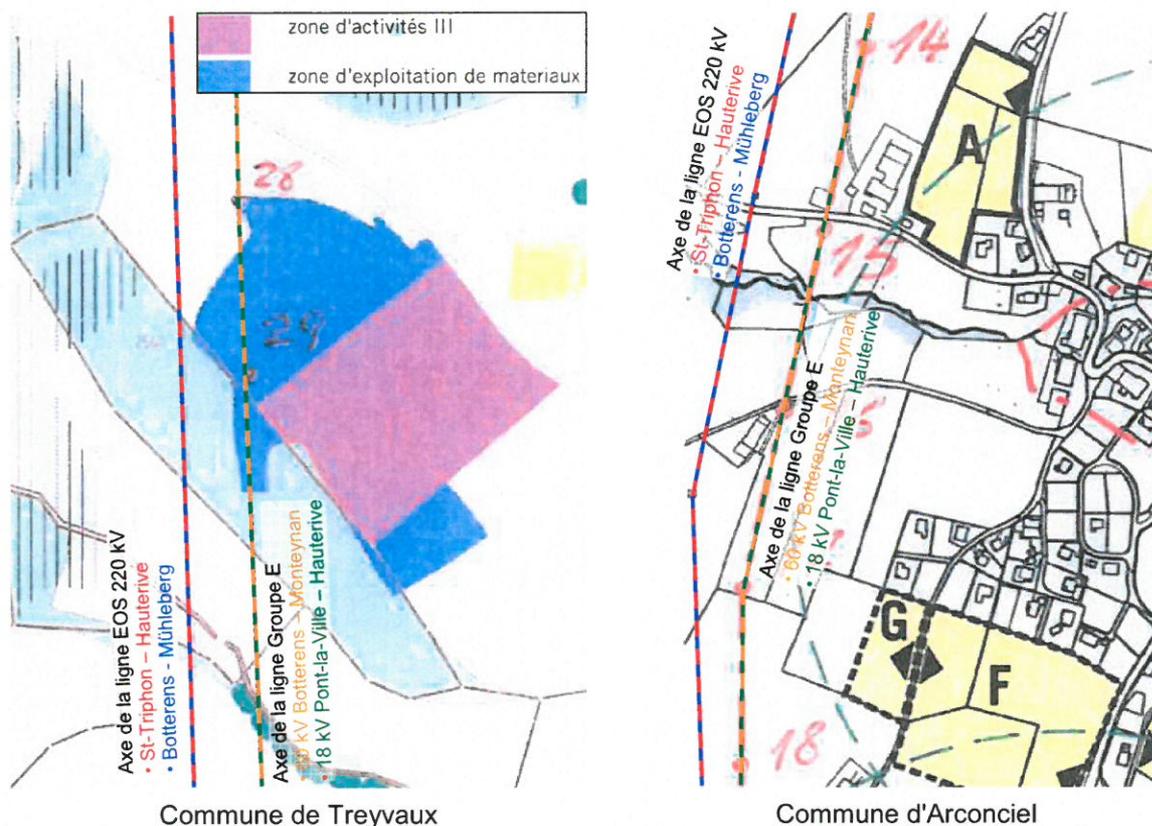


Figure 1 Plans de situation des secteurs d'urbanisation.

Pour mémoire, l'*Ordonnance sur la protection contre le Rayonnement Non Ionisant (ORNI)*, entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> février 2000, fixe les valeurs limites suivantes dans les lieux à utilisation sensible (LUS) :

- Pour tout ce qui existe déjà (lignes ou constructions existantes, zones constructibles préalablement légalisées) : valeur limite d'immission **100  $\mu$ T à 50 Hz et 300  $\mu$ T à 16 2/3 Hz** pour le champ d'induction magnétique *B* en valeur efficace. *Les lignes existantes doivent cependant être assainies, c'est-à-dire que leur phasage doit être configuré de façon optimale, si tel n'est pas déjà le cas.*
- Pour tout ce qui est postérieur au 1<sup>er</sup> février 2000 : valeur limite de l'installation **1  $\mu$ T**.

Dans le cas présent de classement de parcelles en zones à bâtir, la limite à respecter est de 1  $\mu$ T en application du second point ci-dessus.

## 2 Objectifs

Ce rapport a pour but d'établir avec précision les limites ORNI sous forme de cartes de champs d'induction magnétique afin de déterminer la zone respectant la valeur limite d'installation de  $1 \mu\text{T}$ .

## 3 Hypothèses de calcul et données électriques

### 3.1 Lignes concernées

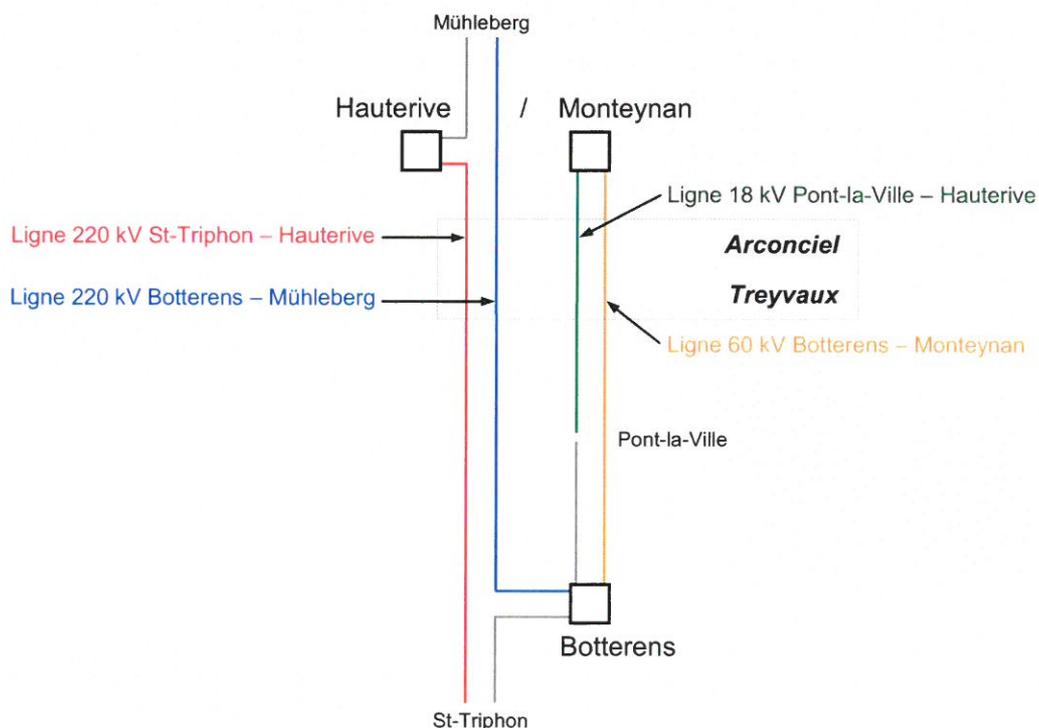
Les lignes situées à proximités des secteurs d'urbanisation à étudier sont les suivantes :

- **Ligne EOS double ternes 220 kV St-Triphon – Mühleberg :**
  - terne 220 kV St-Triphon – Hauterive
  - terne 220 kV Botterens – Mühleberg

sur les portées 271 – 272 et 276 – 277 – 278 – 279.
- **Ligne Groupe E double ternes 60/18 kV Botterens – Monteynan :**
  - terne 60 kV Botterens – Monteynan
  - terne 18 kV Pont-la-Ville – Hauterive

sur les portées 14 – 15 – 16 – 17 – 18 et 28 – 29 – 30.

Ces deux lignes sont représentées sur le schéma unifilaire de la Figure 2. Pour les analyses, elles sont considérées comme une seule installation au sens de l'ORNI.



**Figure 2** Schéma unifilaire des lignes à étudier.

### 3.2 Données à disposition

L'Unité Lignes (ULT) d'EOS Réseau a fourni :

- les plans de situation,
- le profil en long,
- les silhouettes des pylônes n°271, 272, 276, 277, 278 et 279,
- les caractéristiques des conducteurs de phase et de terre,
- la longueur des chaînes d'isolateurs de suspension

des deux ternes de la ligne EOS considérée.

Le Groupe E a fourni :

- les plans de situation,
- le profil en long,
- les silhouettes des pylônes n°14, 15, 16, 17, 18, 28, 29, et 30,
- les caractéristiques des conducteurs de phase et de terre,
- la longueur des chaînes d'isolateurs de suspension

des deux ternes de la ligne Groupe E considérée.

Tous les documents sont consignés dans un classeur déposé chez EOS Réseau, Unité URE.

### 3.3 Conducteurs sur les tronçon concernés:

Les conducteurs à considérer sont décrits dans le Tableau 1.

Société	Tension nominale $U_{nom}$	Courant maximum d'exploitation à 40°C ambiant	Nombre et caractéristiques des conducteurs par faisceau ou par phase
EOS	2 x 220 kV	1'060 A/ph	2 x Al-Ac 262 mm <sup>2</sup> – Ø 21 mm espacés de 400 mm
	Garde	-	1 x Ac 86 mm <sup>2</sup> – Ø 12 mm
Groupe E	1 x 60 kV	620 A/ph	1 x Ad 300 mm <sup>2</sup> – Ø 22.5 mm
	1 x 18 kV	620 A/ph	1 x Ad 300 mm <sup>2</sup> – Ø 22.5 mm
	Garde	-	1 x Ø 17.8 mm avec F.O.

**Tableau 1** Caractéristiques des conducteurs des lignes EOS 220 kV et Groupe E 60/18 kV.

### 3.4 Flux déterminants

Pour la ligne EOS 220 kV St-Triphon – Mühleberg, une analyse des relevés de charge sur une année (du 16 janvier 2007 au 15 janvier 2008) a montré que les flux de puissance dans les deux ternes sont fortement corrélés. Autrement dit, les courants circulent dans le même sens dans les deux ternes.

Concernant la ligne 60/18 kV Botterens – Monteynan, les données fournies par le Groupe E mettent en évidence des flux de puissance anti-corrélés entre les ternes 60 et 18 kV. Le

sens du transit dans le tere 60 kV Botterens – Monteynan et identique à ceux des deux ternes 220 kV de la ligne EOS. La Figure 3 synthétise les directions des flux déterminants utilisées dans le cadre de cette étude.

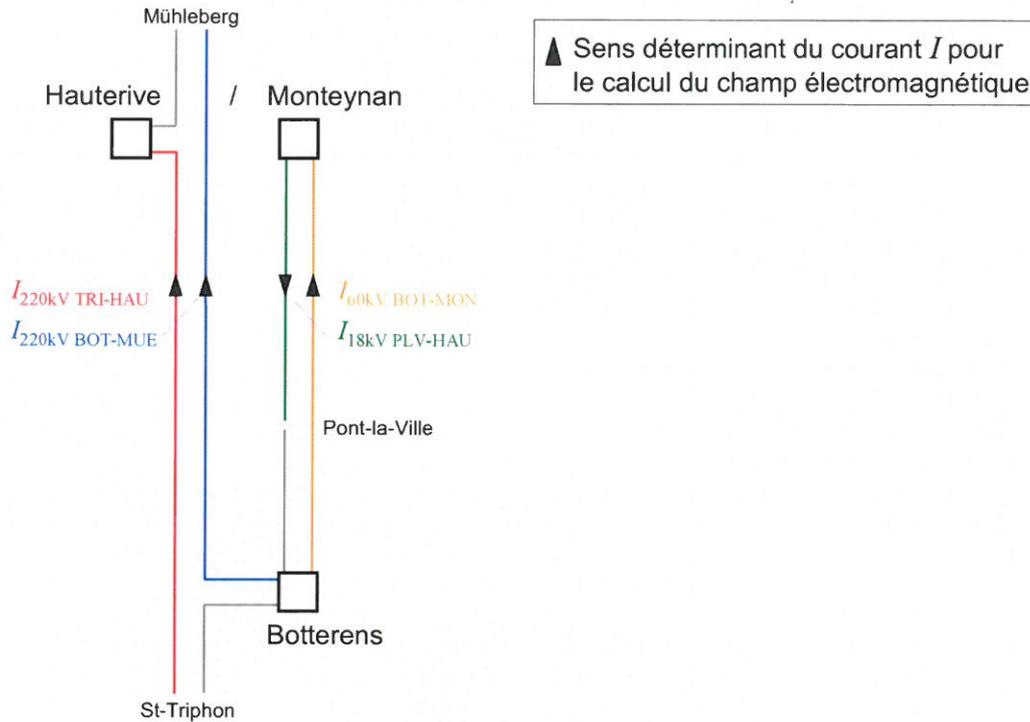


Figure 3 Flux déterminants des lignes EOS 220 kV et Groupe E 60/18 kV.

### 3.5 Phasage

Le phasage actuel des deux lignes étudiées est représenté à la Figure 4.



Figure 4 Phasage actuel des lignes EOS 220 kV et Groupe E 60/18 kV.

Des calculs préalables ont montré que ce phasage n'était pas optimal. La recherche d'un optimum pour l'ensemble du système comprenant les lignes EOS 220 kV et Groupe E 60/18 kV entre Botterens et Hauterive/Monteynan a conduit au phasage optimisé de la

Figure 5. Il consiste à permuter les phases R et S du terne 60 kV entre Botterens et Monteynan.

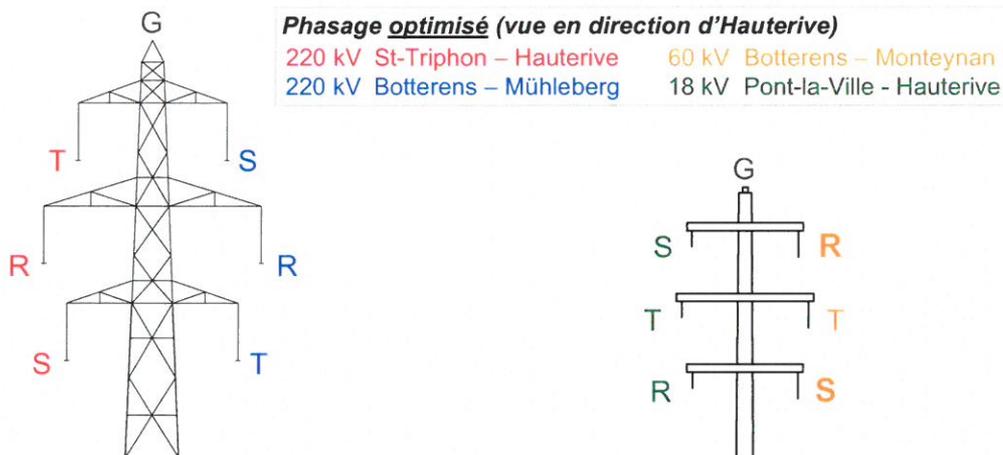


Figure 5 Phasage optimisé des lignes EOS 220 kV et Groupe E 60/18 kV.

Il est prévu que le Groupe E réalise les modifications nécessaires à l'obtention du phasage optimal dans le courant de l'année 2009. Dès lors, les calculs effectués dans le cadre de cette étude ont été réalisés en considérant le phasage optimisé de la Figure 5.

### 3.6 Profils considérés

Au total, huit profils ont été calculés. Ils représentent des coupes perpendiculaires aux axes des deux lignes étudiées. Ces profils ont généralement été choisis pour correspondre à des points distinctifs des lignes (pylône, mi-portée, ...) ou encore à une position particulière des lignes vis-à-vis des parcelles à étudier (distance minimale, bord de parcelle, ...). Les profils choisis sont décrits ci-dessous.

#### Commune de Treyvaux

- Profil 1 : - sur la portée 271 – 272 de la ligne EOS, à 267 m du pylône 271,  
- sur la portée 29 – 30 de la ligne Groupe E,  
- au droit de l'angle sud-est de la parcelle 2554 en zone d'exploitation de matériaux
- Profil 2 : - sur la portée 271 – 272 de la ligne EOS, à 307 m du pylône 271,  
- sur la portée 29 – 30 de la ligne Groupe E.
- Profil 3 : - sur la portée 271 – 272 de la ligne EOS, à 347 m du pylône 271,  
- au droit du pylône 29 de la ligne Groupe E.
- Profil 4 : - sur la portée 271 – 272 de la ligne EOS, à 386 m du pylône 271,  
- à mi-portée de la portée 28 – 29 de la ligne Groupe E.
- Profil 5 : - au droit du pylône 272 de la ligne EOS,  
- au droit du pylône 28 de la ligne Groupe E,  
- au droit de l'extrémité nord de la parcelle 2554 en zone d'exploitation de matériaux.

Ces cinq profils sont représentés sur les plans de situation en page 12 (Annexe 1)

## Commune d'Arconciel

- Profil 6 : - sur la portée 276 – 277 de la ligne EOS, à 187 m du pylône 276,  
- sur la portée 17 – 18 de la ligne Groupe E,  
- au droit de l'angle sud-ouest de la parcelle 44.
- Profil 7 : - sur la portée 276 – 277 de la ligne EOS, à 256 m du pylône 276,  
- au droit du pylône 17 de la ligne Groupe E.
- Profil 8 : - sur la portée 278 – 279 de la ligne EOS, à 44 m du pylône 278,  
- sur la portée 14 – 15 de la ligne Groupe E,  
- au droit du point le plus proche de la parcelle A étudiée.

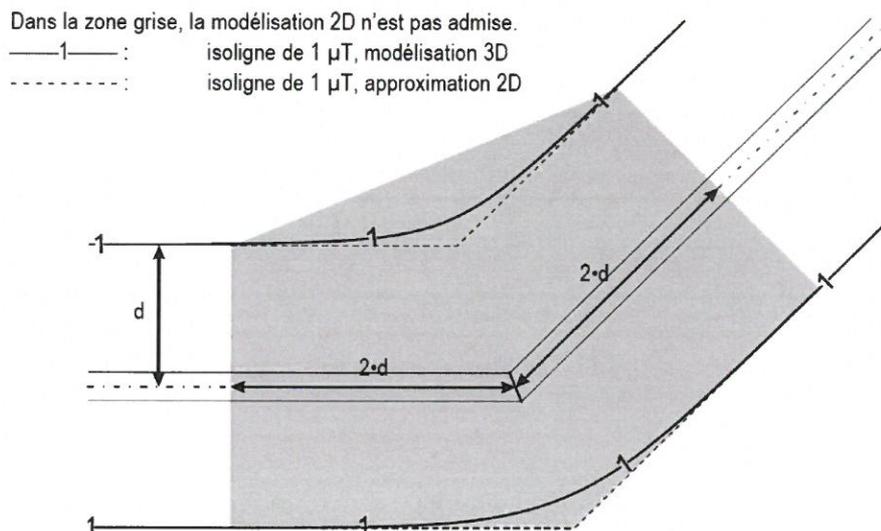
Ces trois profils sont représentés sur les plans de situation aux pages 14 et 15 (Annexe 1).

### 3.7 Méthodes numériques utilisées

Tous les calculs, présentés dans ce rapport, ont été effectués à l'aide du programme bidimensionnel CHAMP, développé par PAC Ingénieur-conseil. Le mode d'emploi de ce logiciel, décrivant en détail les méthodes utilisées, est disponible sur demande.

Mis à part le profil 7, tous les autres profils examinés répondent aux critères pour lesquels une modélisation bidimensionnelle est admise.

Le profil 7 est pour sa part situé à proximité d'un changement de direction avec une déviation de plus de 5 degrés par rapport à la ligne droite (pylône 17 de la ligne Groupe E 60/18 kV). Dans ce cas, un modèle 2D ne doit pas être utilisé pour des LUS situés dans le domaine dans lequel il ne livre pas de résultats fiables. Cette zone est représentée en gris sur la Figure 6. La distance  $d$  correspond à l'éloignement latéral maximal de l'isoligne de  $1 \mu\text{T}$  par rapport à l'axe de la ligne électrique, calculé avec le modèle 2D.



**Figure 6** Modélisation de la densité de flux magnétique près d'un changement de direction (source Lignes à haute tension – Aide à l'exécution de l'ORNI).

L'analyse du profil 7 a tout de même été réalisée avec une modélisation bidimensionnelle, en complément de laquelle la zone "grise" a été déterminée.

## 4 Résultats des calculs

Les cartes des champs d'induction magnétique pour les huit profils calculés figurent en Annexe 2.

Les projections des limites ORNI (isolignes 1  $\mu$ T) ont également été indiquées sur les plans de situation figurant en Annexe 1. Ces informations ont été reportées uniquement du côté duquel se trouvent les parcelles étudiées, à savoir celui de la ligne Groupe E 60/18 kV.

Concernant, le changement de direction au pylône 17 de la ligne Groupe E, la zone "grise" dans laquelle la modélisation bidimensionnelle n'est pas admise a également été représentée sur le plan de situation figurant en Annexe 1.

## 5 Conclusions

Comme le montrent les résultats, l'ORNI (dans l'hypothèse de la valeur limite d'installation de 1  $\mu$ T) est respectée dans tous les cas à plus de 33 m de l'axe de la ligne Groupe E 60/18 kV. Cette valeur peut être réduite selon la hauteur par rapport au sol.

Sur la commune de Treyvaux, une partie de la parcelle 2554 destinée à être classée en zone d'activités III ne respecte pas la limite ORNI. En effet comme le montre le report des résultats sur le plan de situation figurant en page 12 de l'Annexe 1, l'isoligne 1  $\mu$ T coupe cette parcelle à une distance d'environ 32 m de l'axe de la ligne Groupe E.

Les deux parcelles étudiées sur la commune d'Arconciel (dénommées A et G), respectent la limite ORNI de 1  $\mu$ T. La parcelle G, située à environ 113 m du pylône 17 de la ligne Groupe E auquel a lieu un changement de direction se trouve bien au-delà de la zone dans laquelle la modélisation 2D ne fournit pas de résultats fiables. Dès lors, il n'est pas nécessaire de recourir à un modèle 3D pour confirmer le respect de la limite ORNI.

Les analyses ont été effectuées en considérant le phasage optimisé de l'installation. Les modifications nécessaires à l'obtention de ce phasage optimal sont prévues par le Groupe E dans le courant de l'année 2009.

On signalera encore que les calculs ont été effectués sur la base de plans de situations, de profil en long, des silhouettes des pylônes et de photos. Les limites ORNI sont ainsi approximatives à quelques décimètres près. En cas de projet immobilier, il est possible de confirmer ou préciser pour chaque bâtiment en limite de zone franche les valeurs des champs sur la base du profil exact du terrain, de l'enveloppe du bâtiment et de la position des conducteurs au droit du bâtiment concerné.

SGE/PAC  
Unité Réseau

Annexes :

1. Plans de situation avec indication des profils et des limites ORNI
2. Cartes des champs d'induction magnétique

**Annexe 1 – Plans de situation avec indication  
des profils en travers et des limites ORNI 1  $\mu$ T**

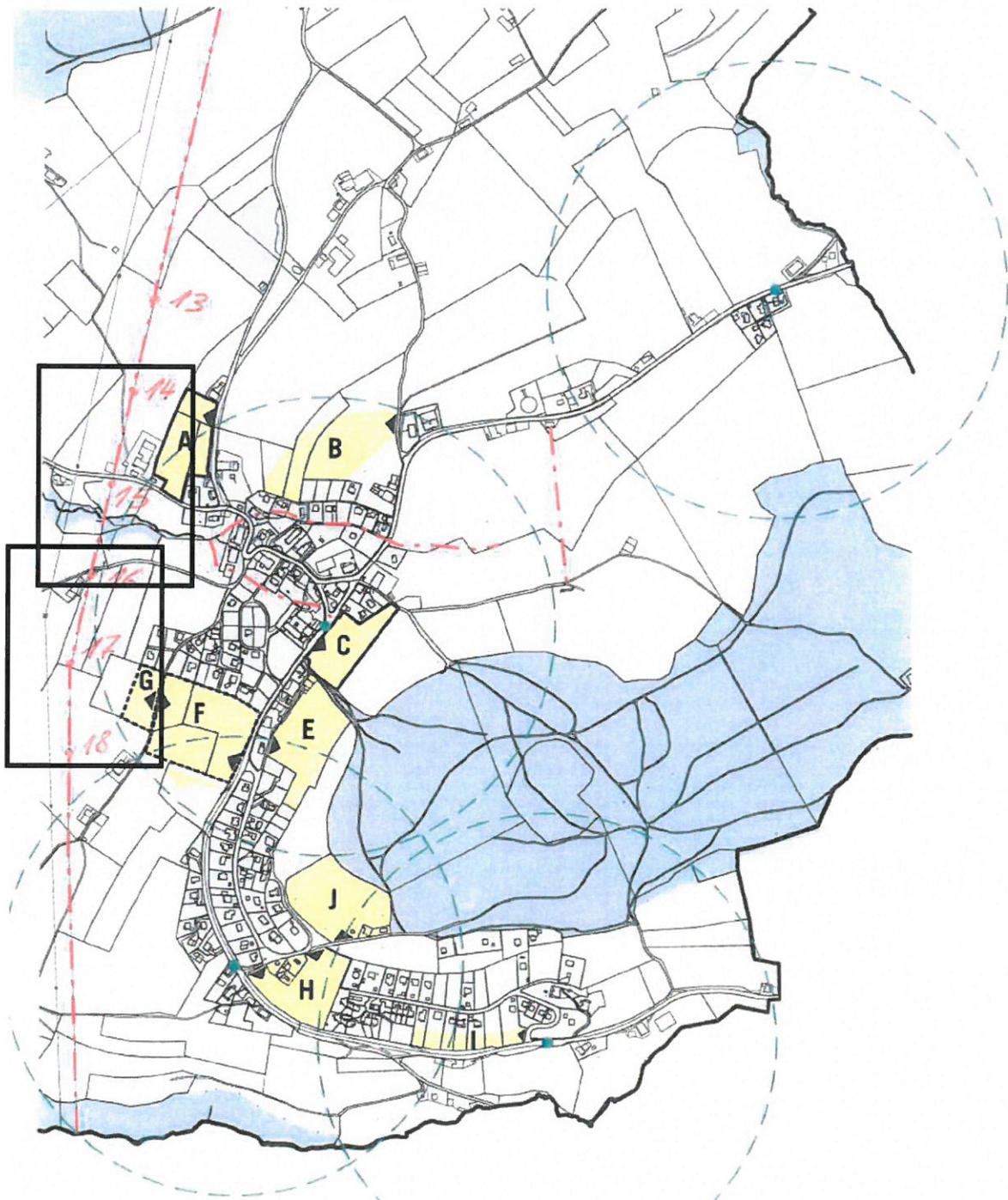
- secteurs d'extension à discuter
- déjà en zone / au plan directeur
- accès à étudier
- arrêt de bus avec rayon de 400m
- zone à bâtir légalisée
- contraintes

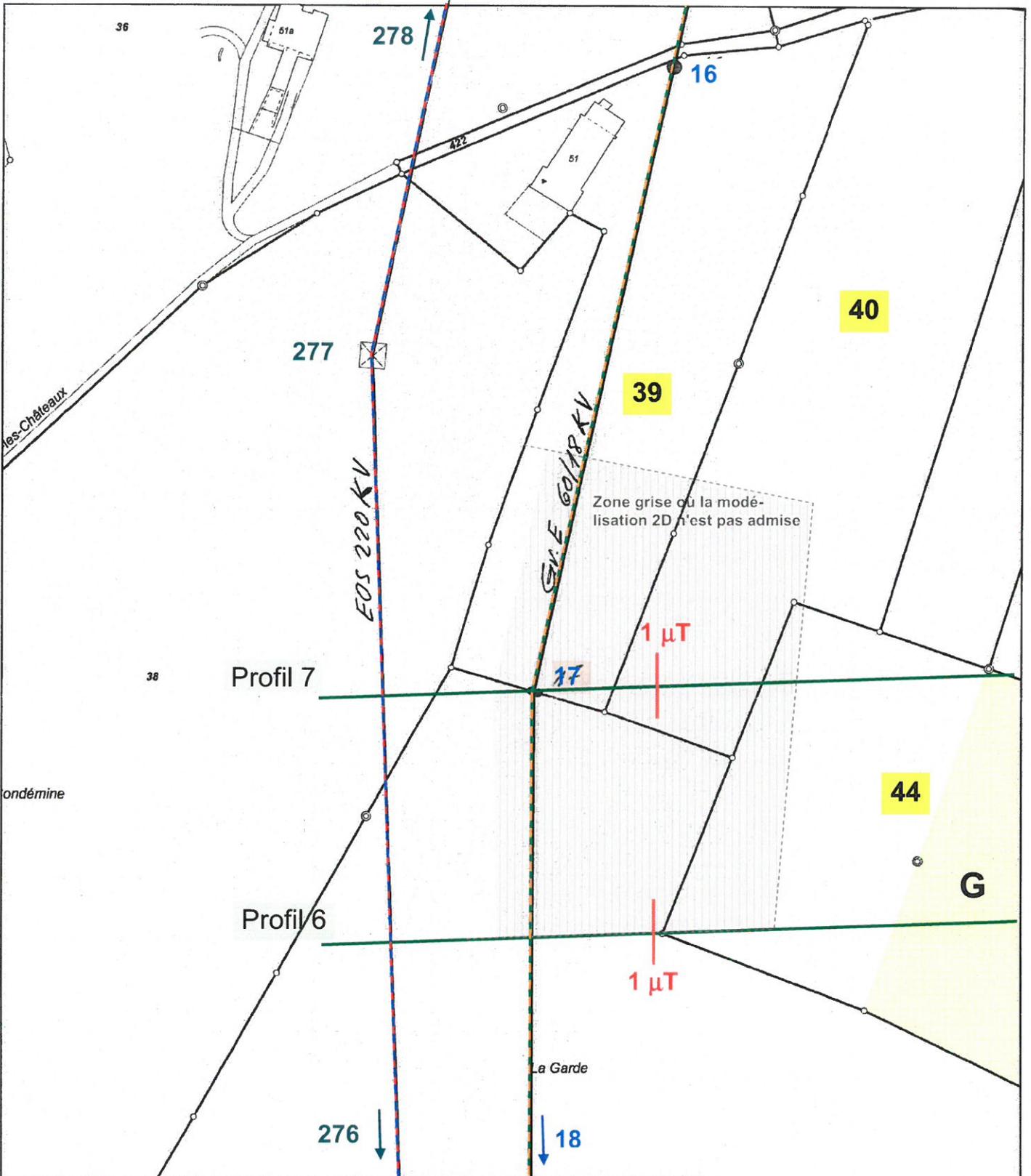
**SECTEURS D'URBANISATION**  
**1ère évaluation**



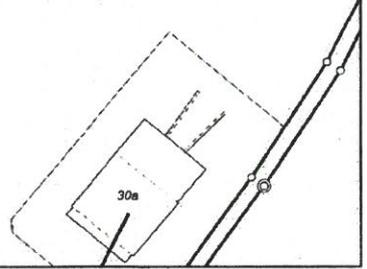
SEPTEMBRE 2008  
0803 revamp 01a

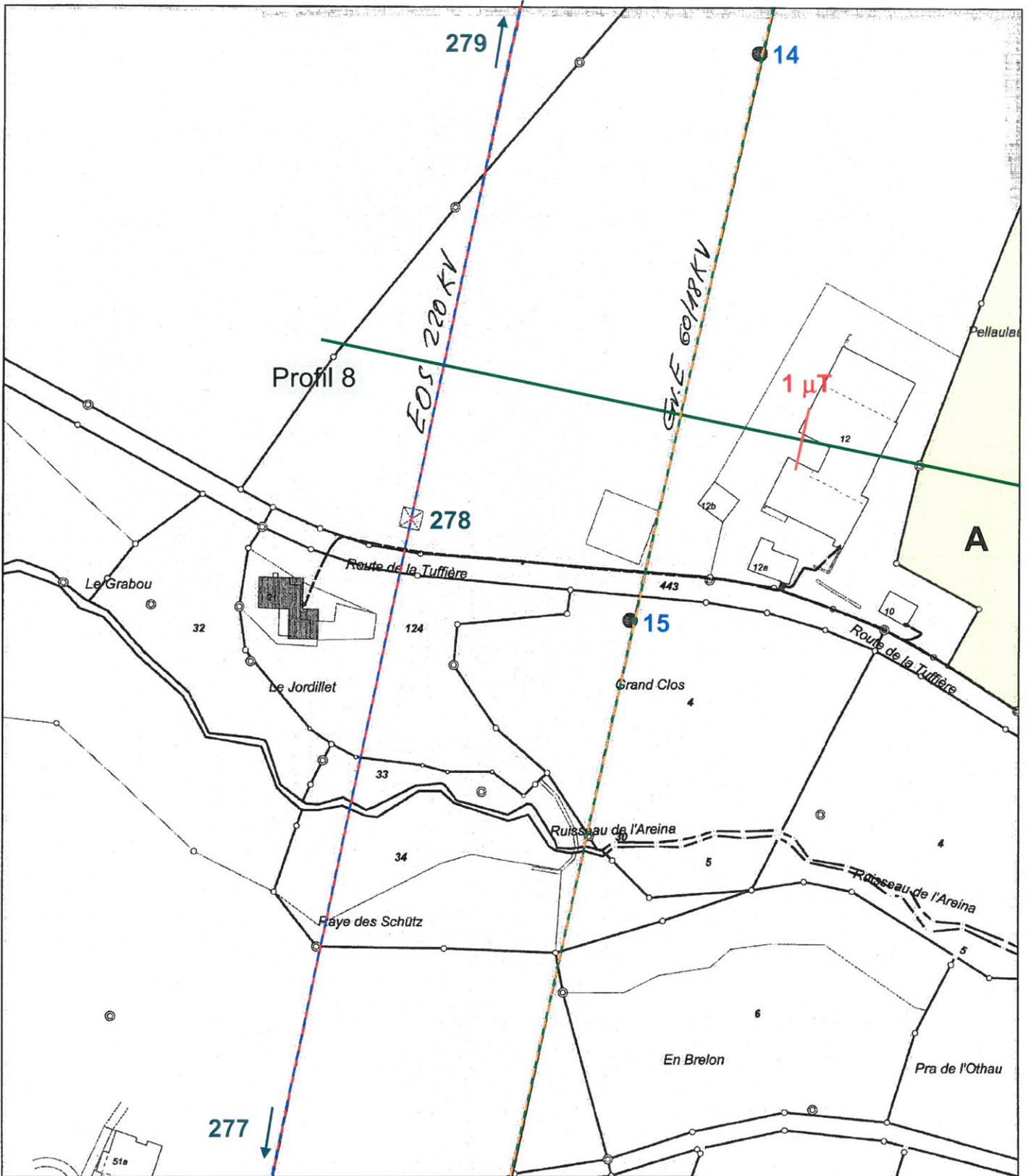
urbaplan





		Péroilles 25 1700 Fribourg Les Vernets 2035 Corcelles / NE	
Région : Secteur : Commune : Echelle : Date de création : Etabli par : Pour le compte de :	: Lignes EOS 220 kv + Gr. E 60/18 kv : Réseau HT : Treyvaux + Arconciel : 1:1500 : 10.09.2008 : P. Pittet :		





**groupe e**

Pérolles 25  
1700 Fribourg  
Les Vernets  
2035 Corcelles / NE

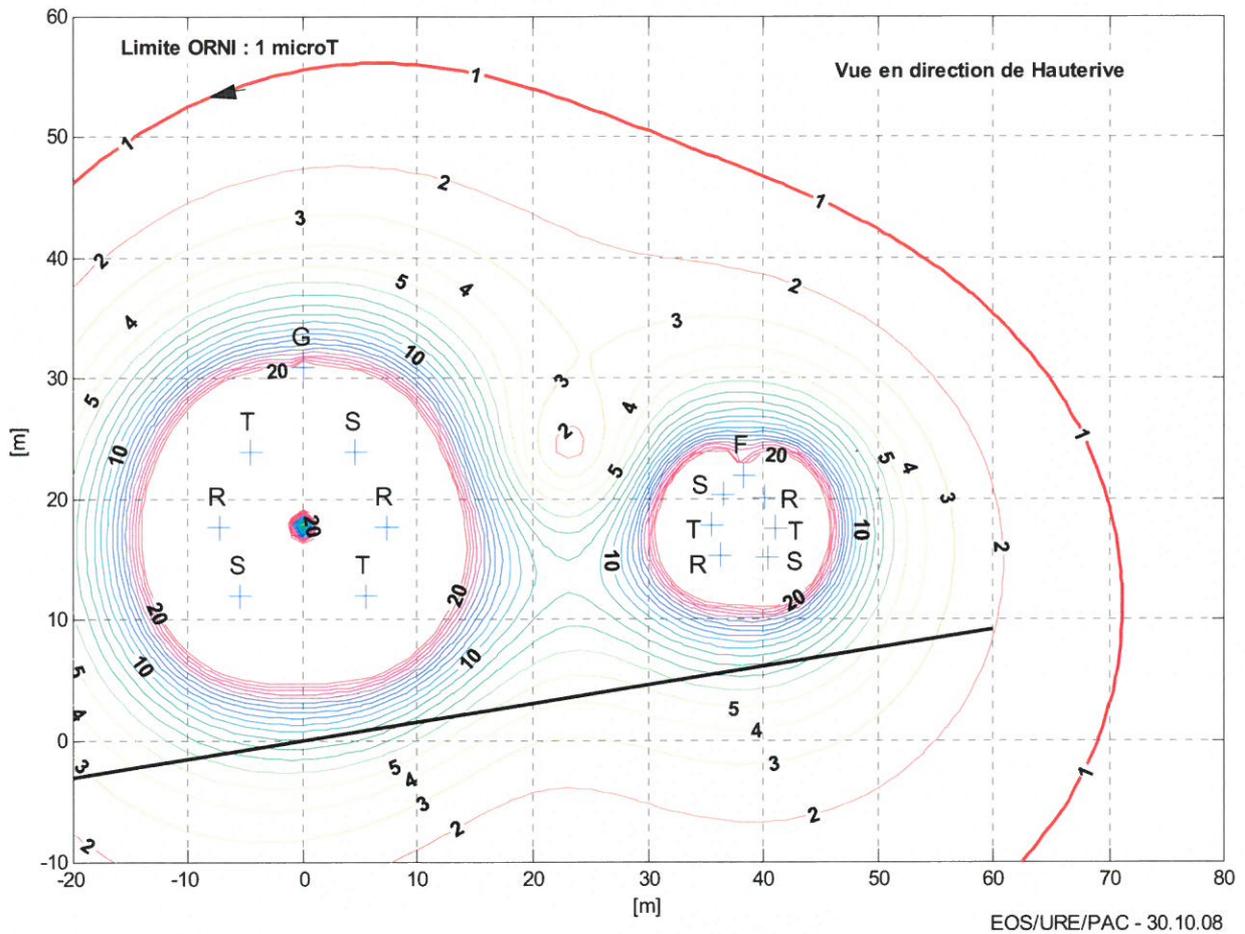
Région : Lignes EOS 220 kV + Gr. E 60/18 kV  
Secteur : Réseau HT  
Commune : Treyvaux + Arconciel  
Echelle : 1:1500  
Date de création : 10.09.2008  
Établi par : P. Pittet  
Pour le compte de :

**ATTENTION**  
L'emplacement et la profondeur des câbles doivent être déterminés par sondages. Ceux-ci seront effectués à la pelle et à la pioche. Les données pourraient ne pas être à jour. Elles sont représentées à titre indicatif et sont à contrôler auprès de l'entreprise. Établi sur la base des données du service cantonal des mensurations ou du service fédéral de topographie.

## Annexe 2 – Cartes des champs d'induction magnétique

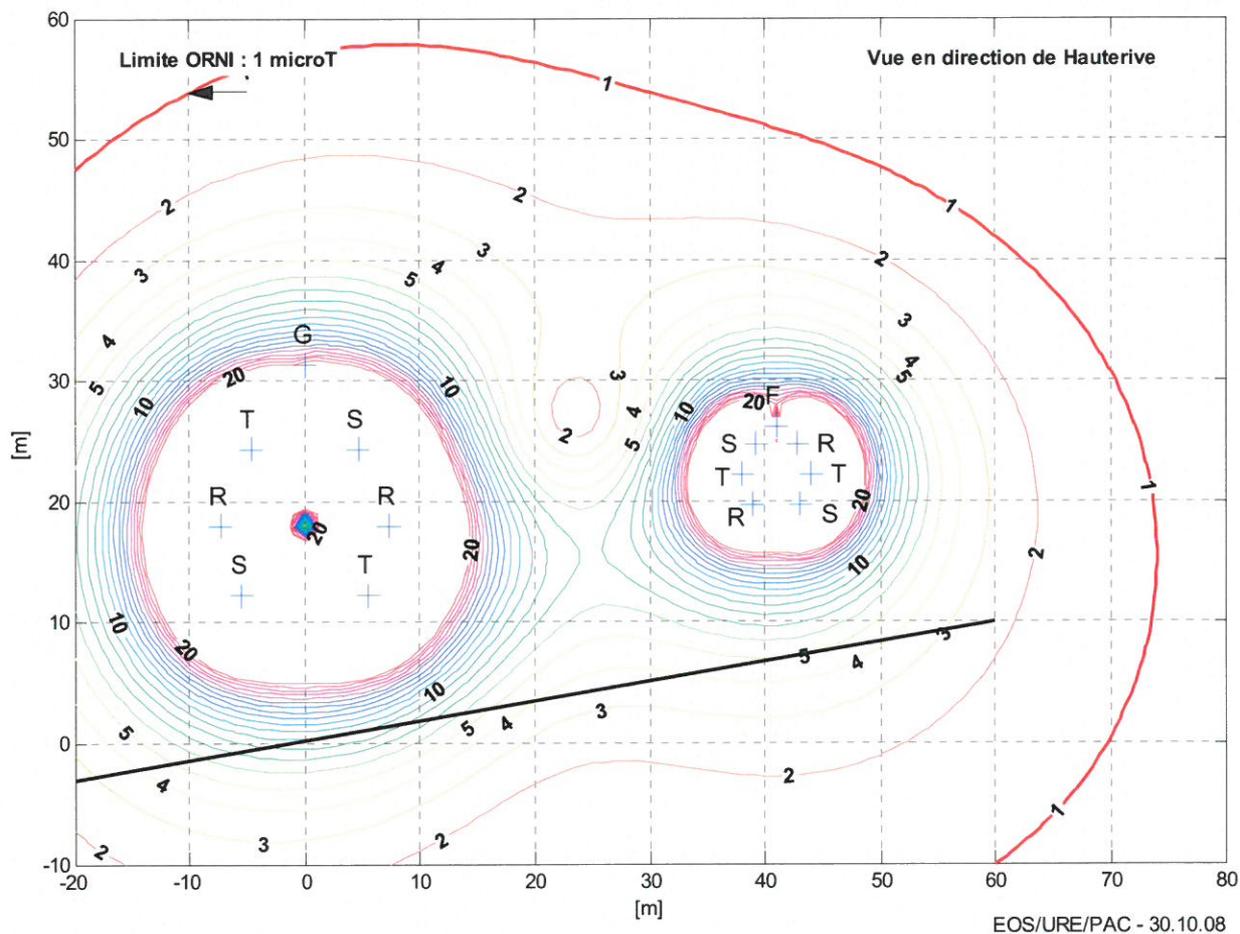
**Commune d'Arconciel – profil 6**

Ligne EOS St-Triphon - Muehleberg 2 x 220 kV - Portée 276 - 277  
 Ligne Groupe E Botterens - Monteynan 60/18 kV - Portée 18 - 17  
 Commune d'Arconciel - Parcelle 44 - Profil 6  
 St-Triphon - Hauterive 220 kV, I = 1060 A  
 Botterens - Muehleberg 220 kV, I = 1060 A  
 Botterens - Monteynan 60 kV, I = 620 A  
 Pont-la-Ville - Hauterive 18 kV, I = -620 A  
 Champ d'induction magnétique  $B_{eff}$  de 1 à 20 microT



### Commune d'Arconciel – profil 7

Ligne EOS St-Triphon - Muehleberg 2 x 220 kV - Portée 276 - 277  
 Ligne Groupe E Botterens - Monteynan 60/18 kV - Pylône 17  
 Commune d'Arconciel - Parcelle 44 - Profil 7  
 St-Triphon - Hauterive 220 kV, I = 1060 A  
 Botterens - Muehleberg 220 kV, I = 1060 A  
 Botterens - Monteynan 60 kV, I = 620 A  
 Pont-la-Ville - Hauterive 18 kV, I = -620 A  
 Champ d'induction magnétique  $B_{eff}$  de 1 à 20 microT



**Commune d'Arconciel – profil 8**

Ligne EOS St-Triphon - Muehleberg 2 x 220 kV - Portée 278 - 279

Ligne Groupe E Botterens - Monteynan 60/18 kV - Portée 15 - 14

Commune d'Arconciel - Parcelle 1 - Profil 8

St-Triphon - Hauterive 220 kV, I = 1060 A

Botterens - Muehleberg 220 kV, I = 1060 A

Botterens - Monteynan 60 kV, I = 620 A

Pont-la-Ville - Hauterive 18 kV, I = -620 A

Champ d'induction magnétique  $B_{eff}$  de 1 à 20 microT

