

La version originale de ce document est rédigée en allemand. En cas de litiges, la version allemande prévaut sur la version française.

***Rapport de mesures
du sondage géophysique préliminaire du sol
en six emplacements
pour des éoliennes
près de Differdange, Luxembourg***

Date de l'enquête : du 5/11 au 9/11/2012

Auteur de la commande : Solarpower S.A., Grevenmacher, LU

Projet GGU n° : 12-189-DI

Direction : B. Illich, traitement : L. Dilger



Sommaire:

1. Généralités
2. Les procédés de mesurage
3. L'enquête
4. Résultats
 - 4.1 Remarques préliminaires
 - 4.2 Système de notation
 - 4.3 Résultats selon les emplacements
 - 4.4 Résumé
5. Illustrations

Deux plans de terrain et visualisation du résultat pour six emplacements (12 illustrations)

189-L-1	Plan de terrain des emplacements des éoliennes 1, 2 et 3, éch. 1:5.000
189-L-2	Plan de terrain des emplacements des éoliennes 4, 5 et 6, éch. 1:5.000
189-EMK-1	Emplacements de WKA 1
189-WT-E-1	Cartographie électromagnétique de la résistance spécifique él., M 1:250 Tomographie de résistivité -profil nord-sud 1-1 et profil ouest-est 1-2, éch.1:750
189-EMK-2	Emplacements de WKA 2
189-WT-E-2	Cartographie électromagnétique de la résistance spécifique él., M 1:250 Tomographie de résistivité -profil nord-sud 1-1 et profil ouest-est 1-2, éch.1:750
189-EMK-3	Emplacements de WKA 3
189-WT-E-3	Cartographie électromagnétique de la résistance spécifique él., M 1:250 Tomographie de résistivité -profil nord-sud 1-1 et profil ouest-est 1-2, éch.1:750
189-EMK-4	Emplacements de WKA 4
189-WT-E-4	Cartographie électromagnétique de la résistance spécifique él., M 1:250 Tomographie de résistivité -profil nord-sud 1-1 et profil ouest-est 1-2, éch.1:750
189-EMK-5	Emplacements de WKA 5
189-WT-E-5	Cartographie électromagnétique de la résistance spécifique él., M 1:250 Tomographie de résistivité -profil nord-sud 1-1 et profil ouest-est 1-2, éch.1:750
189-EMK-6	Emplacements de WKA 6
189-WT-E-6	Cartographie électromagnétique de la résistance spécifique él., M 1:250 Tomographie de résistivité -profil nord-sud 1-1 et profil ouest-est 1-2, éch.1:750

6. Annexe

Notice résistivité sur la géo-électricité et sur l'électromagnétique

1. Généralités

Point de mesure, date : au sud-ouest de la ville de Differdange, Luxembourg

du 5/11/2012 au 9/11/2012

Auteur de la commande : Solarpower S.A., Grevenmacher, Luxembourg.

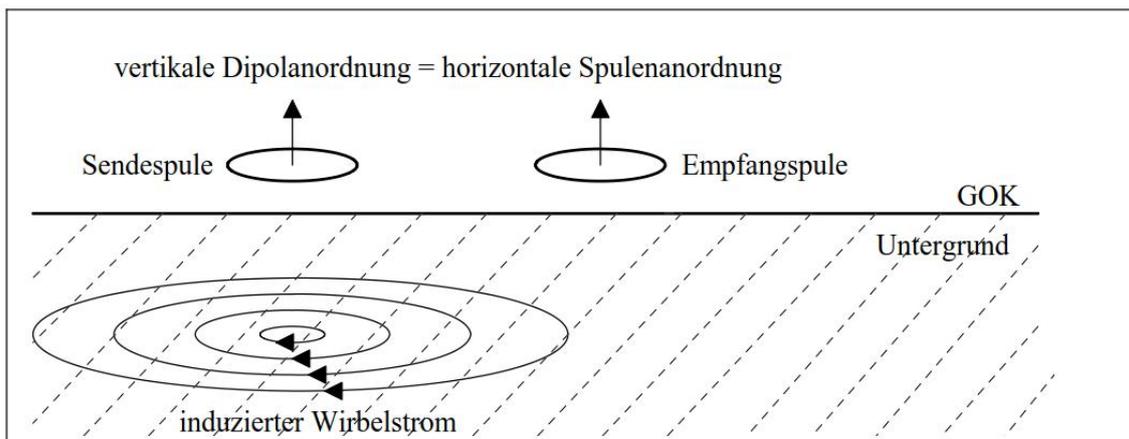
Objectif : La mission est de prospector le sous-sol aux six emplacements prévus pour des éoliennes sur des cavités ou zones d'ameublissement, qui pourraient être en rapport avec l'exploitation minière à Differdange.

2. Les procédés de mesurage

Procédé de mesurage 1 **Électromagnétique**

Description du procédé : Le système électromagnétique actif à deux bobines travaille dans la gamme des fréquences. Un champ magnétique primaire est produit de la bobine émettrice, par lequel des courants de Foucault sont induits dans le sous-sol. Ceux-ci à leur tour produisent un champ magnétique secondaire. Dans la bobine réceptrice, un courant est induit tant par le champ magnétique primaire que par le champ magnétique secondaire. Celui-ci est mesuré. La part du champ magnétique primaire est éliminée par voie électronique, de sorte que reste seule l'influence intéressante du champ magnétique secondaire. La part de courant induite par champ magnétique secondaire est directement proportionnelle dans la plage de mesurage de la conductivité électrique du sol. Le champ magnétique secondaire est fort en cas de conductivité électrique élevée du sol et faible en cas de basse conductivité électrique du sol.

Dans la cartographie de résistivité ou de conductivité, on choisit la profondeur de pénétration souhaitée et les données mesurées sont relevées du sous-sol à distance constante des bobines. La zone d'étude est explorée le long de profils de terrain dans un intervalle de points de mesure défini. Les données mesurées qui y sont relevées sont représentées par graphique comme des données de la conductivité électrique spécifique apparente (ou réciproque : de la résistivité électrique spécifique apparente) (p.ex. en isolignes).



Données sur la profondeur : la donnée sur la profondeur de pénétration (échelle de profondeur) indique que l'effet sous-sol est capté jusqu'à environ cette profondeur. La profondeur de pénétration effective dépend, outre la disposition utilisée (horizontale ou verticale), très fortement de l'épaisseur des couches et de leurs résistivités spécifiques.

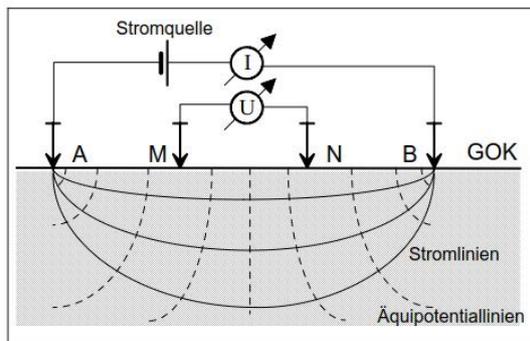
Dans le cas, par exemple, d'une couche de recouvrement de valeur ohmique élevée, par exemple, le courant est conduit dans la couche de valeur ohmique basse, ce qui fait augmenter la profondeur de pénétration. À l'inverse, une couche de recouvrement de valeur ohmique basse a pour effet que le courant ne pénètre que peu dans une couche de valeur ohmique élevée.

Procédé de mesurage 2

Description du procédé :

Résistivité géo-électrique

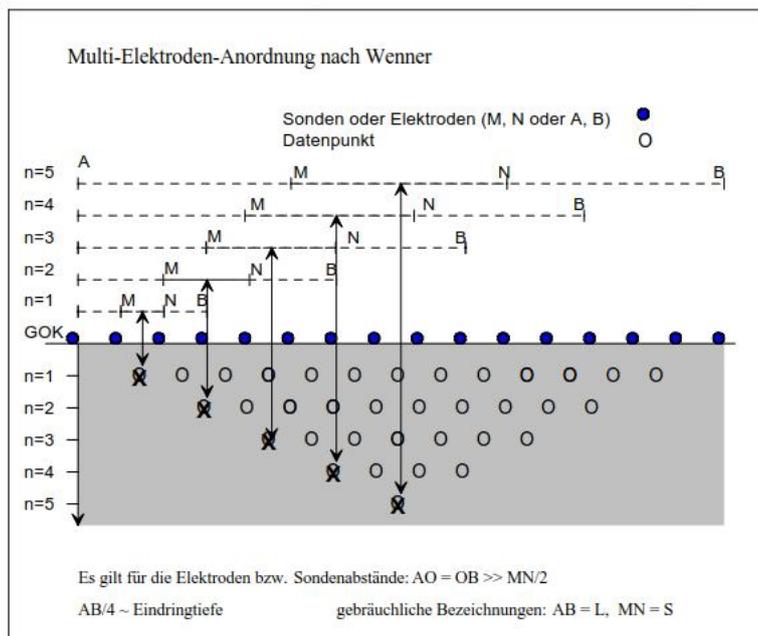
Par l'utilisation de la géo-électrique, on introduit un courant I_{AB} dans le sous-sol au moyen de deux électrodes A et B. À l'état stationnaire apparaît un potentiel électrique indépendant du temps correspondant à la distribution de la résistivité du sous-sol. La différence de potentiel U_{MN} entre les sondes M et N est mesurée à la surface du sol. On calcule la résistivité spécifique électrique apparente ρ_s avec I_{AB} , U_{MN} et la configuration électrodes-sondes. La profondeur de pénétration du procédé peut être réglée avec la distance entre les électrodes et les sondes à la mesure souhaitée. L'impact global de toutes les couches est capté au sein de la profondeur de pénétration.



Tomographie 2-d (cartographie des sondages) : Ce procédé représente une combinaison de cartographie et de sondage de résistivité. Plusieurs cartographies de résistivité pour des distances croissantes entre les électrodes sont effectuées par des câbles spéciaux multi-électrodes le long d'un profil et, ce faisant, des profondeurs de pénétration. On obtient la résistivité électrique spécifique apparente ρ_s en fonction du lieu du profil (= cartographie) et profondeur de pénétration (= sondage). Grâce à un procédé spécial d'inversion (smooth inversion), on peut en calculer une tranche de profondeur de la résistivité. Ceci est représenté en isolignes.

Dispositif de mesure :

Tomographie de résistivité 2-d (cartographie des sondages de résistivité)



Données sur la profondeur : La donnée sur la profondeur de pénétration indique que l'effet sous-sol est capté jusqu'à environ cette profondeur. Une première approximation grossière de la profondeur de pénétration est d'environ 1/3 de la distance émetteur/récepteur.

La profondeur de pénétration effective dépend, outre la disposition utilisée, très fortement de l'épaisseur des couches et de leurs résistivités spécifiques. Dans le cas d'une couche de recouvrement de valeur ohmique élevée, par exemple, le courant est conduit dans la couche de valeur ohmique basse, ce qui fait augmenter la profondeur de pénétration. À l'inverse, une couche de recouvrement de valeur ohmique basse a pour effet que le courant ne pénètre que peu dans une couche de valeur ohmique élevée et la distance émetteur/récepteur doit être agrandie afin d'atteindre la profondeur de pénétration nécessaire.

Ces données ont été prises en considération dans les paramètres de profondeur du sondage de résistivité et de la cartographie de résistivité et le modèle calculé indique tant les profondeurs des couches que les propriétés électriques du matériel (résistivité spécifique).

Les méthodes de calcul de la cartographie de résistivité prennent également en compte des variations latérales de la résistivité spécifique. Les limites de couche discrètes sont à cet effet reproduites en flou (smooth imaging).

Interprétation :

Le procédé géophysique et l'évaluation non-destructive sont des procédés indirects. Cela signifie que l'information désirée n'est, en général, pas directement obtenue (p.ex. par un forage ou un échantillonnage), mais de façon indirecte par l'interprétation de valeurs physiques mesurées (grandeur, déroulement). Une interprétation ne peut, par nature, ne procurer qu'une sûreté limitée. Elle est influencée p.ex. par les facteurs suivants : programme de contrôle, conditions de mesurage et qualité des données, connaissances préalables et expérience. Le cas échéant, il peut y avoir aussi différentes possibilités d'interprétation.

Tableau 1: résistivité électrique spécifique pour sédiments, dépôts, roches solides et eau.

Matériel	Ensemble des valeurs (en ohmmètre)		Matériel	Ensemble des valeurs (en ohmmètre)	
	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum
Gravillon	50 (saturé d'eau)	>10 ⁴ (sec)	Déchets ménagers et industriels	< 1	>1000 (plastique)
Sable	50 (saturé d'eau)	>10 ⁴ (sec)	Grès	<50 (fissuré, humide)	>10 ⁵ (compact)
Silt	20	50	Roche calcaire	100 (fissuré, humide)	>10 ⁵ (compact)
Marne à blocs	30	70	Argile schisteuse	50 (fissuré, humide)	>10 ⁵ (compact)
Terre à brique	30	100	Roches magmatique, métamorphite	150 (érosé, humide)	>10 ⁶ (compact)
Limon (comme brique)	500	5000	Schiste noir	<1	50
Argile (humide)	3	30	Sel gemme	30 (humide)	>10 ⁶ (sec)
Argile (sec)		>1000	Eau distillée		>10 ³
Tourbe, humus, limon	15	25	Névé		>10 ⁵
Argile tourbeuse, limon organique	10	40	Eau naturelle	10	300
Sols fangeux	10	150	Eau de mer (35% NaCl)	0,25	
Lignite	10	150	Saumures	<0,1	
Houille	100	10 ⁶			
Pétrole	10 ⁹	10 ¹²			
Sable pétrolifère (sec)	10 ⁴	10 ¹⁵			

3. Les procédés de mesurage

Procédure :

Lors d'une rencontre le 11/10/2012 à la maison communale de la ville de Differdange, on a discuté de la problématique du sol de fondation aux emplacements prévus des 6 éoliennes. Pour cette raison, la GGU a établi un concept de mesurage géo-électrique, qui a ensuite été confié et exécuté sans modification. Le concept de mesurage contient une cartographie de résistivité en plan par emplacement ainsi que, pour chacun, deux lignes de mesure se croisant avec la tomographie 2d de résistivité.

Les emplacements ont été visités au premier jour de mesure, le 5/11/2012, avec l'auteur de la commande, représenté par Monsieur Hein de Solarpower et Monsieur Beni de la ville de Differdange. Les centres des emplacements ont été mesurés par l'auteur de la commande au moyen de GPS et marqués par un piquet. Les examens géophysiques ont été effectués selon notre concept de mesurage. Les six emplacements prévus pour les éoliennes seront désignés par la suite WKA 1 à WKA 6.

Contexte local et situation :

Les emplacements des éoliennes se trouvent sur la crête au sud-ouest de la ville de Differdange. Suite à l'activité de l'exploitation de mines aux alentours de Differdange, cette crête est traversée de galeries, d'environ 80 m à 100 m en-dessous du niveau du sol. Dans le secteur boisé, le terrain est localement marqué par des glissements et des ruptures, là où la surface se déchire et s'affaisse à cause de désagréments. Sur les surfaces agricoles, des ruptures ont été repoussées par l'activité agricole, de sorte que des dépressions et des surélévations locales sont nées.

WKA 1, WKA 2 et WKA 3 se trouvent plutôt au sud de la ville à proximité de l'exploitation agricole Vesquenhaff (voir figure **L-1**).

Les emplacements WKA 4, WKA 5 et WKA 6 se trouvent plutôt à l'ouest de la ville entre Lasavage et Niedercorn (voir figure **L-2**).

Tous les six emplacements se trouvent sur des champs utilisés par l'agriculture, qui étaient bien accessibles au moment de l'enquête. Le profil géo-électrique 2-1 à WKA 2 croisait un chemin d'asphalte à l'extrémité sud. Le profil 3-1 à WKA 3 a dû être un peu raccourci en raison de la topographie abrupte à l'extrémité sud. Les profils 5-1 à WKA 5 et 6-1 à WKA 6 ont dû être un peu raccourcis en raison de routes avoisinantes.

Ici, on a atteint une profondeur de pénétration maximale de 30 m, toutefois pas sur une extension de 20 m.

La surface du champ a permis de bonnes conditions de connexions pour les électrodes. Les conditions météorologiques étaient constamment sèches.

Système de coordonnées :

À chaque emplacement, on a fixé un système de coordonnées rectangulaires orienté aux quatre points cardinaux (voir figures **L-1** et **L-2**):

Le point 0 se trouve au piquet de référence au centre de l'éolienne

L'axe des x est orienté d'ouest en est

L'axe des y est orienté du sud au nord

La situation des surfaces d'études électromagnétiques et des profils géo-électriques est caractérisée dans les plans de terrain et figures de résultats.

Une correction topographique dans le traitement des données et un calcul d'inversion dans la tomographie de résistivité n'a pas été nécessaire compte tenu de l'altitude relativement constante le long des profils.

Électromagnétique

Mesurage :	Fréquence de mesure :	9,76 kHz
	Distance dipôle :	3,74 m
	Disposition :	dipôles verticaux (bobines horizontales)
	Hauteur de mesurage :	0,9 m au-dessus du niveau du sol
	Échelle de profondeur :	de 0 m à environ 6 m
	Unité de mesure :	résistivité spécifique électrique apparente en Ωm
	Appareillage :	CM31, fabricant : GF instruments

Programme de mesurage : Cartographie de résistivité

Grille de mesures: 3 m x 3 m

Taille du champ de mesures par emplacement : 31,5 m x 31,5 m = 992 m²

Total de la surface mesurée : 6 emplacements de 992 m² = 5.952 m²

Exploitation : Représentation graphique en figures force électromotrice 1 à 6

Appréciation des résultats de mesurage en rapport à la problématique

Tomographie de résistivité 2d

Unité de mesure: courant d'électrode, tension de sonde

Appareillage : ARES, fabricant: GF instruments,

Appareillage géo-électrique digital à haute résolution 700 V et 1,5 A

Programme de mesure : Tomographie de résistivité 2d = cartographie de sondage de résistivité

Mesurages multiples à différentes profondeurs de pénétration selon Wenner-Schlumberger de $a = 3$ m à 150 m, écartements des électrodes : 3 m

par emplacement : deux profils de mesure pour chacun 171 m de longueur

Profil 1 : du sud au nord

Profil 2 : de l'ouest à l'est

Longueur de profil par emplacement

WKA	Profil	Longueur [m]
1	1-1	171
	1-2	171
2	2-1	171
	2-2	171
3	3-1	156
	3-2	171
4	4-1	171
	4-2	171
5	5-1	159
	5-2	171
6	6-1	153
	6-2	171
Total	12 profils	2.007

Exploitation: Calcul de la résistivité spécifique électrique apparente ρ_s

Calcul d'un modèle de profondeur de résistivité $\rho(z,x)$ par un calcul d'inversion avec le programme d'inversion RES2DINV de Geotomo Software (smooth inversion).

Représentation graphique de passes de résistivité avec un choix de coloris optimisé et une autre représentation par programme graphique dans les figures WT-E-1 à WT-E-6.

Appréciation des résultats de mesure en rapport à la problématique.

4. Résultats

4.1 Remarques préliminaires

Une expertise préliminaire du sol de fondation a été exécutée au six emplacements prévus pour les éoliennes au moyen d'électromagnétique de surface et de tomographie de résistivité 2d linéaire. En raison de l'ancienne exploitation de minerai par des systèmes de galeries horizontales d'environ 80 m à 100 m sous les surfaces examinées, on peut soupçonner la présence de ruptures, de cavités ou de zones de d'ameublissement à proximité de la surface, qui pourraient compromettre la stabilité structurale.

On peut trouver les résultats des mesures dans les figures ci-jointes, ventilées selon l'emplacement et la procédure de mesurage. Les résultats par emplacement seront abordés de façon sommaire et comparative.

Les résultats de la cartographie électromagnétique (EMK) sont représentés sous forme d'une carte de résistivité avec, au milieu, le centre de l'emplacement (piquet) : schémas **EMK-...** .

On peut trouver les résultats de la tomographie de résistivité (WT) en tant que passes de résistivité le long de profils se coupant de façon orthogonale : figures **WT-...** .

Monsieur Beni, pour la ville de Differdange, a pris contact avec Monsieur le Dr Storoni qui nous a aimablement remis sa thèse de doctorat ainsi qu'un profil géologique transversal du bassin de Differdange. La faille de Godbrange suit cette section à proximité du Vesquenhaff, le long de laquelle l'extrémité nord-ouest du versant a glissé par rapport à celui du sud-est. Par conséquent, la roche calcaire de Hohebrückner se trouve à proximité de la surface des emplacements WKA 1, WKA 2 et WKA 3, tandis qu'aux emplacements WKA 4, WKA 5 et WKA 6, on trouve la couche supérieure d'oolithe et de calcaire corallien.

4.2 Système de notation

Les résultats de la cartographie de résistivité et de la tomographie de résistivité 2d sont évalués comme suit :

Cartes de résistivité EMK-..

Distribution de la résistivité : Indique l'uniformité ou l'irrégularité au sein de la surface mesurée. L'homogénéité est un indice d'une situation non critique au sein du volume mesuré.

Gamme de valeurs : Indique la gamme des valeurs mesurées pertinentes. Il s'agit de valeurs intégrales de la surface du sol à la profondeur de pénétration du procédé d'environ 6 m.

Les matériaux cohésifs (couche arable, produits de l'érosion tels l'argile, le limon) ont des valeurs inférieures (ici aux alentours de 30 Ω m).

La roche (calcaire) a, selon le degré d'érosion et le type de roche, des valeurs moyennes à très élevées (ici, aux alentours de 300 Ω m).

Variations latérales : des variations latérales minimales signifient une grande homogénéité de la structure du sous-sol au sein de la surface mesurée et, inversement, en cas de variations élevées, une structure très hétérogène. Dans les variations latérales, des tendances peuvent aussi se présenter suite à des pendages de couches. De même, des particularités locales seront ici abordées.

Évaluation : appréciation de l'emplacement sur base de la cartographie de résistivité effectuée en rapport à la présence de zones d'ameublissement, de cavités ou de ruptures.

Cartes de résistivité EMK-..

La tomographie de résistivité 2d atteint une profondeur maximale de 30 m dans le domaine significatif de la surface des emplacements (superficie de la cartographie de résistivité). Ce domaine sera abordé.

Les tranches de profondeur présentent une suite de couches homogènes. On a soit le cas de 2 ou de 3 couches.

Aux emplacements WKA 1, WKA 2 et WKA 3 au sud-est du secteur de mesurage, le fondement est de basse valeur ohmique, tandis qu'à proximité de la surface de plus hautes résistivités apparaissent.

Aux autres emplacements WKA 4, WKA 5 et WKA 6 au nord-ouest du secteur de mesurage, on a le comportement inverse : les fondements présentent de hautes résistivités et les couches à proximité de la surface sont de basses valeurs ohmiques. On peut fournir des données qualitatives sur l'épaisseur et des informations en ce qui concerne l'homogénéité latérale de la couche de recouvrement, de la couche intermédiaire, si celle-ci existe, et du fondement.

Soupçon de présence de cavités, zones d'ameublissement, traces de ruptures

Il existe une problématique de présence de cavité, de zones d'ameublissement et de traces de ruptures à proximité de la surface du sol. On abordera les anomalies au sein de la surface significative pour le fondement (surface de la cartographie de résistivité). Les données en-dehors de celle-ci ne concernent que les secteurs immédiatement avoisinant des deux profils de mesurage.

Comme anomalies, on compte en particulier :

- des variations latérales élevées dans les cartes de résistivité (figure **EMK-...**)
- des inhomogénéités latérales dans les différentes couches de la tomographie de résistivité 2d (figure **WT-...**)

Dans tous les cas sauf pour la WKA 4, les couches sont en soi homogènes. Des inhomogénéités latérales, comme pour la WKA 4, sont un indice de possibles zones d'ameublissement ou de ruptures.

4.3 Résultats répartis par emplacements

4.3.1 WKA 1

Carte de résistivité EMK-1

Répartition de la résistivité :	homogène
Gamme de valeur :	44 - 50 Ωm
Variations latérales :	Très légère tendance à des valeurs allant de plus minimes à plus élevées du nord vers le sud
Evaluation :	Aucune anomalie, aucun indice de zone d'ameublissement, grande uniformité

Tomographies de résistivité 2d WT-1

Endroit à 3 couches

Couche de recouvrement :	Résistivités de 50 Ωm à 150 Ωm , seulement dans les quadrants nord-ouest, les dernières ramifications au sud se situent dans le secteur significatif de WKA 1 Interprétation : vraisemblablement oolithe et calcaire corallien
Couche intermédiaire :	Résistivités de 150 Ωm à 800 Ωm , léger pendage vers le nord-ouest, affleurant à la surface, jusqu'aux quadrants nord-ouest (voir couche de recouvrement), Interprétation : vraisemblablement calcaire Hohebrückner
Fondement :	Résistivités de 50 Ωm à 150 Ωm , léger pendage vers le nord-ouest, Interprétation : vraisemblablement de la marne avec des bancs de calcaire et du calcaire d'Oettinger

Soupçon de cavités, de zones d'ameublissement, traces de ruptures

Au sein de la superficie de la cartographie: **minimes** grâce à une structure homogène.

Toutefois : possibilité d'amenuisement de couche dans le secteur significatif

En-dehors de la superficie de la cartographie: **moyens**; profil 1-2: secteur ohmique bas avec $x = 16 \text{ m}$ bis $x = 23 \text{ m}$

4.3.2 WKA 2

Carte de résistivité EMK-2

Répartition de la résistivité : Très homogènes

Gamme de valeur : 44 - 48 Ωm dans le secteur non perturbé

Variations latérales : peu de variations latérales,
deux secteurs perturbés par des composantes en phase du mesurage, identifiées comme objets perturbants en métal.

Evaluation : aucun indice de zones d'ameublissement,
grande homogénéité

Tomographies de résistivité 2d WT-2

Endroit à 2 couches

Couche de recouvrement : aucune

Couche intermédiaire : Résistivités de 160 Ωm à 500 Ωm , très homogène
Interprétation : vraisemblablement du calcaire Hohebrückner

Fondement : Résistivités de 50 Ωm à 150 Ωm , très homogène
Interprétation : vraisemblablement de la marne avec des bancs de calcaire et du calcaire d'Oettinger

Soupçon de cavités, de zones d'ameublissement, traces de ruptures

Au sein de la superficie de la cartographie: **minimes** grâce à une structure homogène.

En-dehors de la superficie de la cartographie: **très minimes**

Les deux places avec indices de métal doivent être vérifiées !

4.3.3 WKA 3

Carte de résistivité EMK-3

Répartition de la résistivité :	homogène
Gamme de valeur :	32 - 34 Ωm
Variations latérales :	très légère tendance à des valeurs plus basses à plus élevées du sud-ouest vers le nord-est
Evaluation :	aucune anomalie, aucun indice de zones d'ameublissement, grande homogénéité

Tomographies de résistivité 2d WT-3

Endroit à 4 couches

Couche de recouvrement :	Résistivités de 120 Ωm à 200 Ωm , seulement au nord-est Interprétation : vraisemblablement du calcaire de Hohebrückner
Couche intermédiaire 1:	Résistivités de 50 Ωm à 150 Ωm , très homogène Interprétation : vraisemblablement de la marne avec des bancs de calcaire et du calcaire d'Oettinger
Couche intermédiaire 2:	Résistivités de 20 Ωm à 50 Ωm , homogène Interprétation : vraisemblablement de la marne micacée
Fondement :	Résistivités de 50 Ωm à 100 Ωm , très homogène Interprétation : -

Soupçon de cavités, de zones d'ameublissement, traces de ruptures

Au sein de la superficie de la cartographie: **minimes** grâce à une structure homogène.

En-dehors de la superficie de la cartographie: **minime**

4.3.4 WKA 4

Carte de résistivité EMK-4

Répartition de la résistivité :	hétérogène
Gamme de valeur :	25 - 44 Ωm
Variations latérales :	Tendance à des valeurs plus basses vers plus élevées du sud vers le nord Une place légèrement perturbée (vraisemblablement une influence métallique dans le sous-sol),
Evaluation :	Indices de zones d'ameublissement, homogénéité minime

Tomographies de résistivité 2d WT-4

Endroit à 2 couches

Couche de recouvrement :	Résistivités de 16 Ωm à 100 Ωm hétérogène, alternance à petites distances (~ 10 m) entre résistivités plus élevées et plus basses Interprétation : vraisemblablement oolithe et calcaire corallien, vraisemblablement traces de ruptures
Fondement :	Résistivités de 65 Ωm à 500 Ωm très hétérogène, fondement avec des résistivités ohmiques élevées (jusqu'à 500 Ωm), interruptions à grandes distances : le long des axes des x : de -50 m à -10 m et 30 m à 50 m. Le long des axes des y : de -8 m à 25 m et de -10 m à -40 m. Interprétation : vraisemblablement du calcaire de Hohebrückner, vraisemblablement un indice de ruptures recouvertes par l'activité agricole, c'est-à-dire de grandes inhomogénéités dans le sous-sol.

Soupçon de cavités, de zones d'ameublissement, traces de ruptures

Au sein de la superficie de la cartographie: **élevés** à cause d'une structure hétérogène tant dans la couche de recouvrement que dans le fondement inhomogène.

En-dehors de la superficie de la cartographie: **élevés** à cause d'une structure hétérogène dans les secteurs captés par la géo-électrique.

4.3.5 WKA 5

Carte de résistivité EMK-5

Répartition de la résistivité : moyenne
Gamme de valeur : de 28 à 36 Ωm
Variations latérales : légère tendance à des résistivités plus basses à plus élevées d'ouest en est.
Evaluation : aucun indice essentiel de zones d'ameublissement, homogénéité encore prédominante

Tomographies de résistivité 2d WT-5

Endroit à 2 couches

Couche de recouvrement : Résistivités de 20 à 100 Ωm , légères inhomogénéités
Interprétation : vraisemblablement oolithe et calcaire corallien
Fondement : Résistivités de 100 Ωm à 600 Ωm , homogène
Interprétation : vraisemblablement du calcaire Hohebrückner

Soupçon de cavités, de zones d'ameublissement, traces de ruptures

Au sein de la superficie de la cartographie: **de moyens à minimes** à cause d'une structure légèrement hétérogène dans la couche de recouvrement

En-dehors de la superficie de la cartographie: **comme avant**

4.3.6 WKA 6

Carte de résistivité EMK-6

Répartition de la résistivité : très homogène

Gamme de valeur : 27 - 29 Ω m

Variations latérales : minimales

Evaluation : aucune anomalie, aucun indice de zones d'ameublissement, grande homogénéité

Tomographies de résistivité 2d WT-6

Endroit à 2 couches

Couche de recouvrement : Résistivités de 25 Ω m à 100 Ω m, très homogène, de légères inhomogénéités apparaissent à proximité de la surface à l'extrémité est

Interprétation : vraisemblablement oolithe et calcaire corallien

Fondement : Résistivités de 100 Ω m à 500 Ω m, homogène, dans la partie ouest, le long de l'axe des x, une anomalie de basse valeur ohmique apparaît : de -40 m à -20 m.

Interprétation : vraisemblablement du calcaire de Hohebrückner

Soupçon de cavités, de zones d'ameublissement, traces de ruptures

Au sein de la superficie de la cartographie: **très minime** à cause d'une structure homogène

En-dehors de la superficie de la cartographie: **minime** jusqu'à un secteur à l'ouest pour x : -40 m à -20 m pour des profondeurs de 10 à 20 m.

4.4 Résumé

Aux 6 emplacements pour les éoliennes, on a exécuté des sondages géo-électriques préliminaires du sol, spatiaux et linéaires.

WKA 1, WKA 2, WKA 3 et WKA 6 sont des emplacements avec un soupçon minime et très minime de cavités, de zones d'ameublissement et de traces de ruptures.

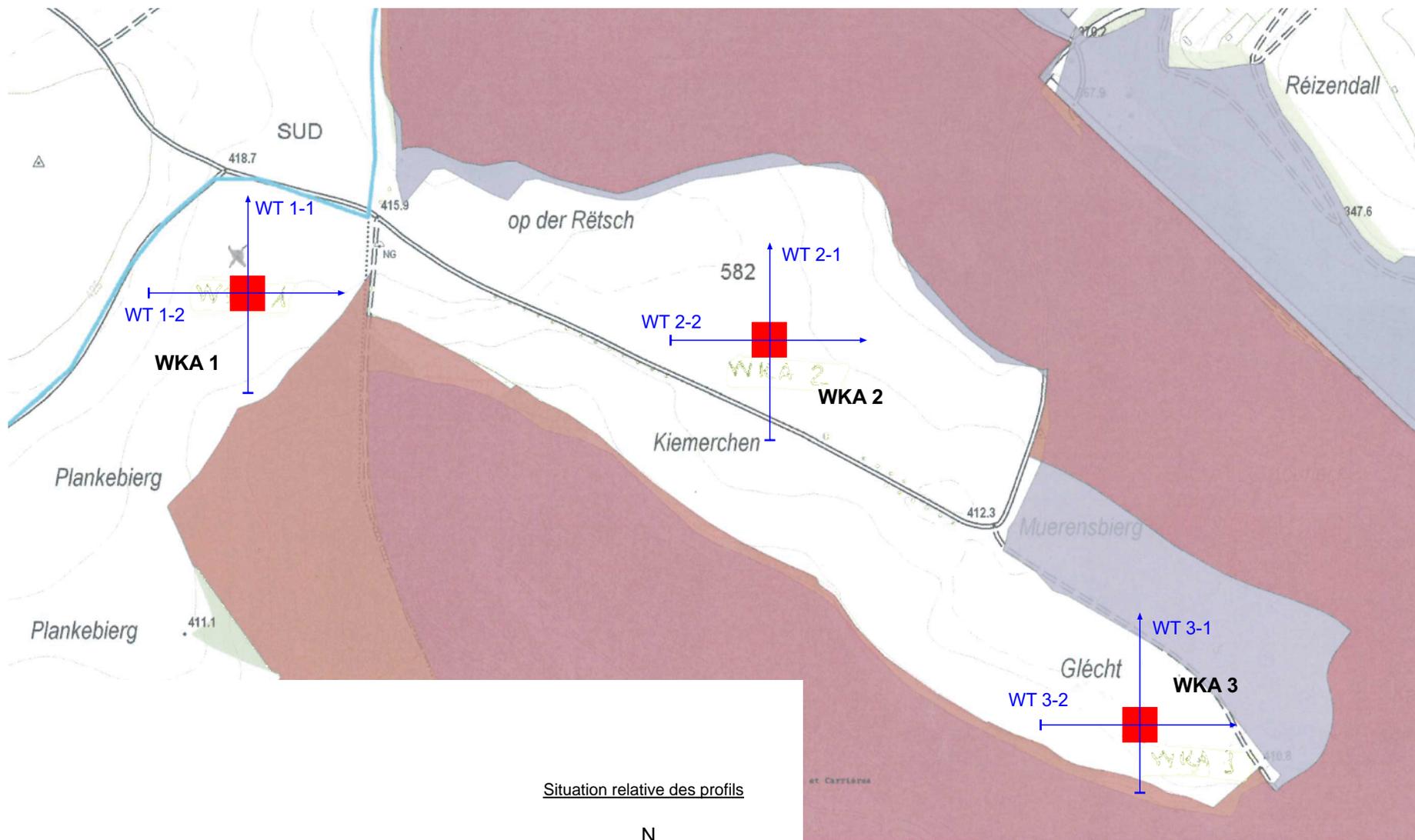
Il existe un soupçon moyen pour WKA 5.

Pour WKA 4, il y a un soupçon élevé ; c'est pourquoi, du point de vue de l'état actuel des études préliminaires, celui-ci apparaît comme étant contestable.

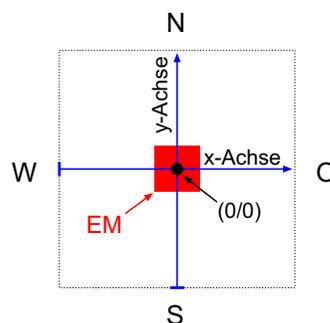
Karlsruhe, le 6/12/2012

Bernhard Illich, géophysicien diplômé
(Directeur de projet)

Lukas Dilger, géophysicien diplômé
(Responsable de projet)



Situation relative des profils

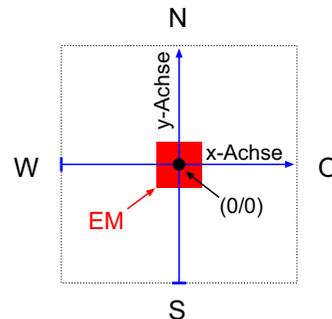
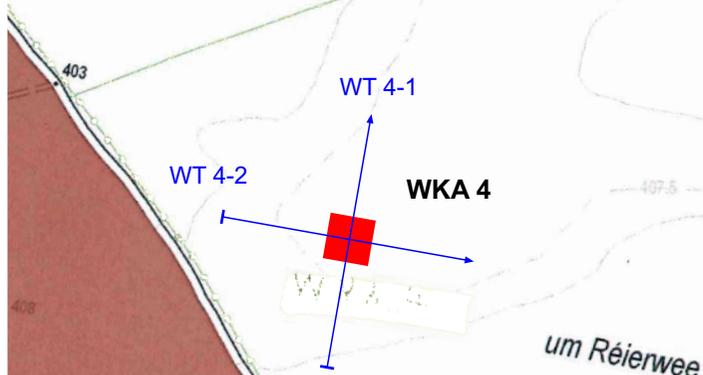


Echelle 1:5000

GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: L-1 Proj.: 12-189-DI
	Éolienne à Differdange, Luxembourg Tomographie géo-électrique de résistivité 2d et emplacements Plan de terrain des emplacements : WKA 1, WKA 2 et WKA 3	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher



Situation relative des profils



Echelle 1:5000

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: L-2
 Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Tomographie géo-électrique de résistivité 2d et emplacements
 Plan de terrain des emplacements : WKA 4, WKA 5 et WKA 6

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

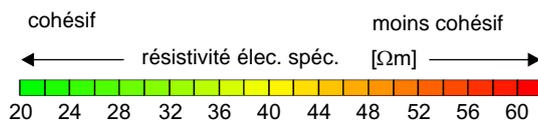
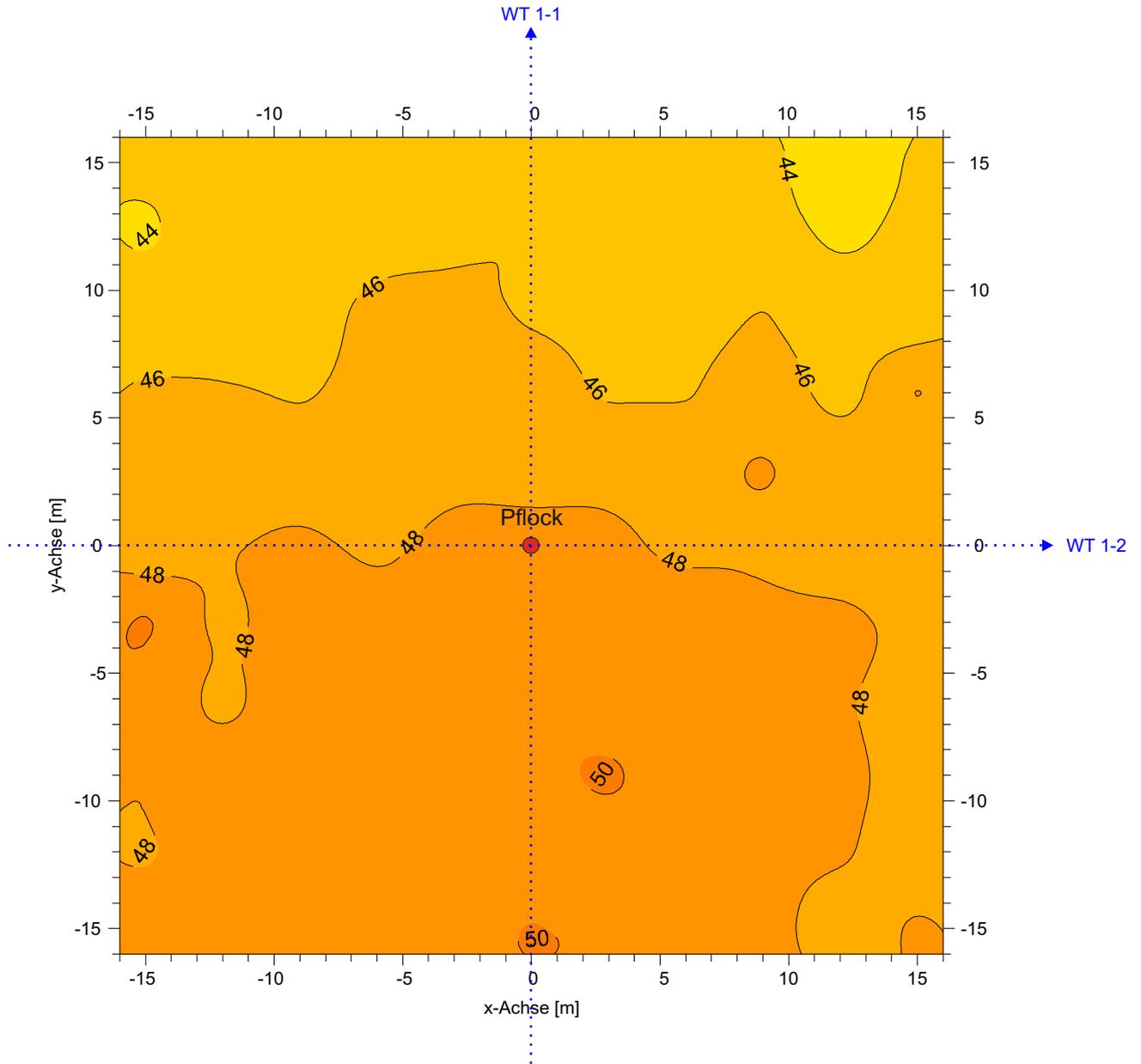
Emplacement de WKA 1

Distribution de la resistivité: homogène

Gamme des valeurs : 44 - 50 Ωm

Interprétation : aucun indice de zone d'ameublissement, grande homogénéité

Obstacles : aucun



Echelle 1:250

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb: **EMK-1**

Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Cartographie électromagnétique

Carte colorée résistivité élec. spéc - emplacement WKA 1 « Koufeld »

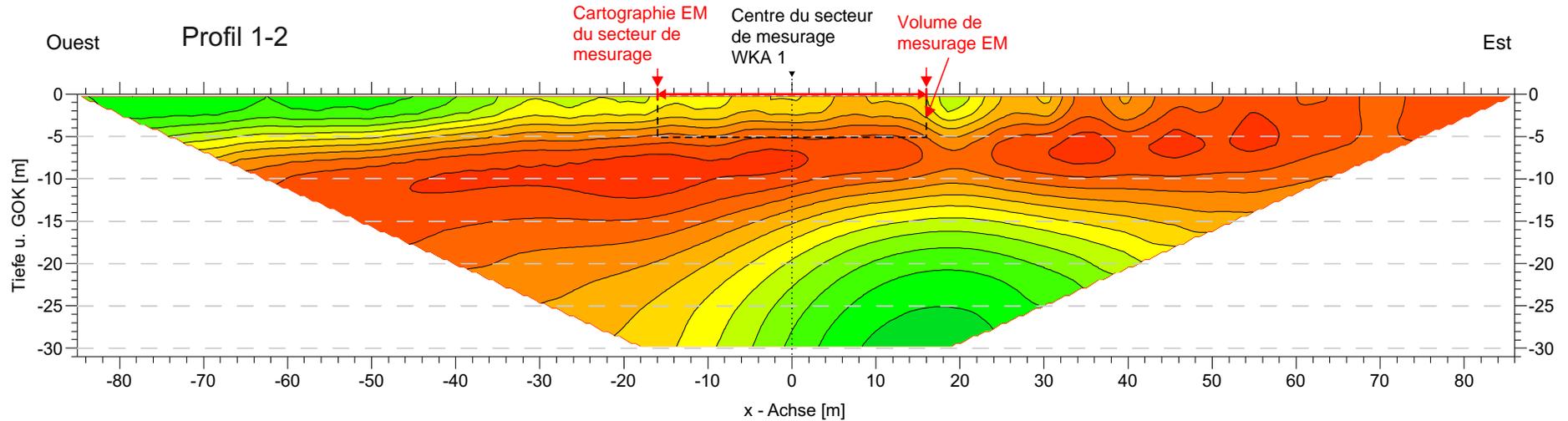
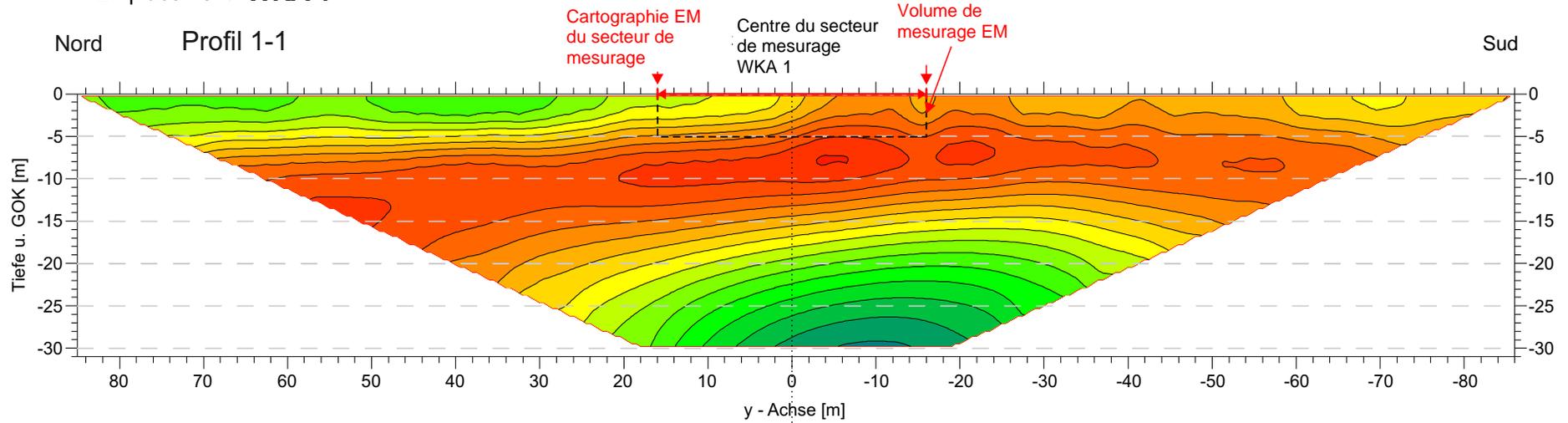
Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

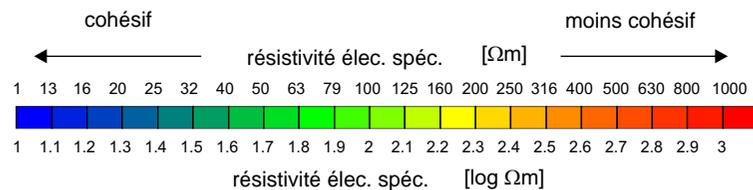
Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



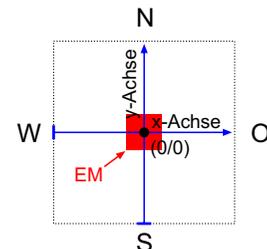
Emplacement WKA 1



Le point zéro de la coupe se trouve au centre au niveau du point central



Situation relative des profils



Echelle 1:750

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-1
 Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Tomographie géo-électrique de résistivité 2d

Tranches de profondeur de la résistivité élec. spéc. - **emplacement WKA 1 « Koufeld »**

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

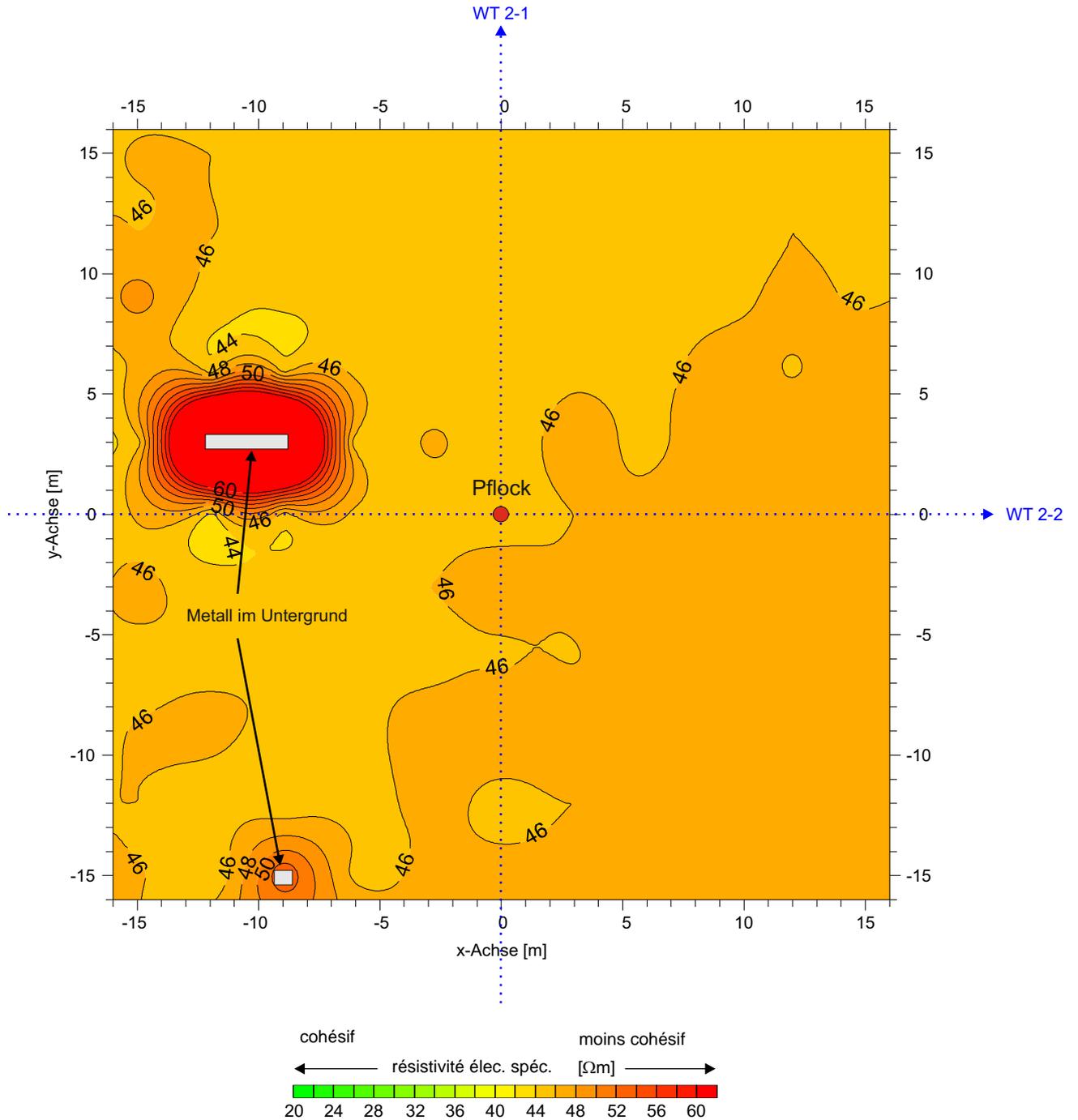
Emplacement de WKA 2

Distribution de la resistivité: très homogène

Gamme des valeurs : 46 - 48 Ωm dans le secteur non perturbé

Interprétation : aucun indice de zone d'ameublissement, grande homogénéité

Obstacles : aucun

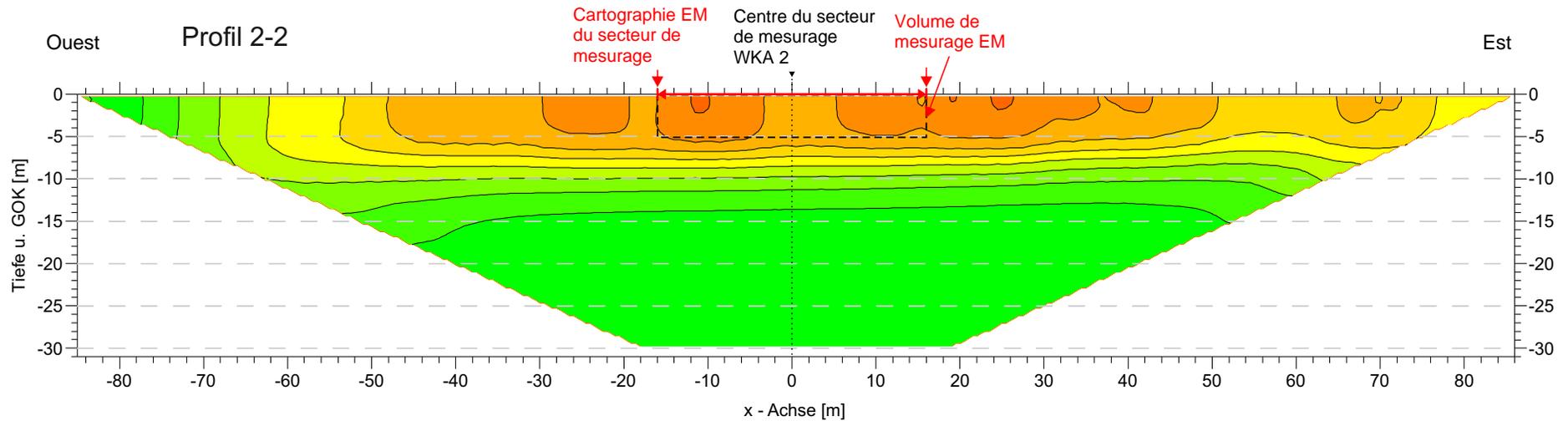
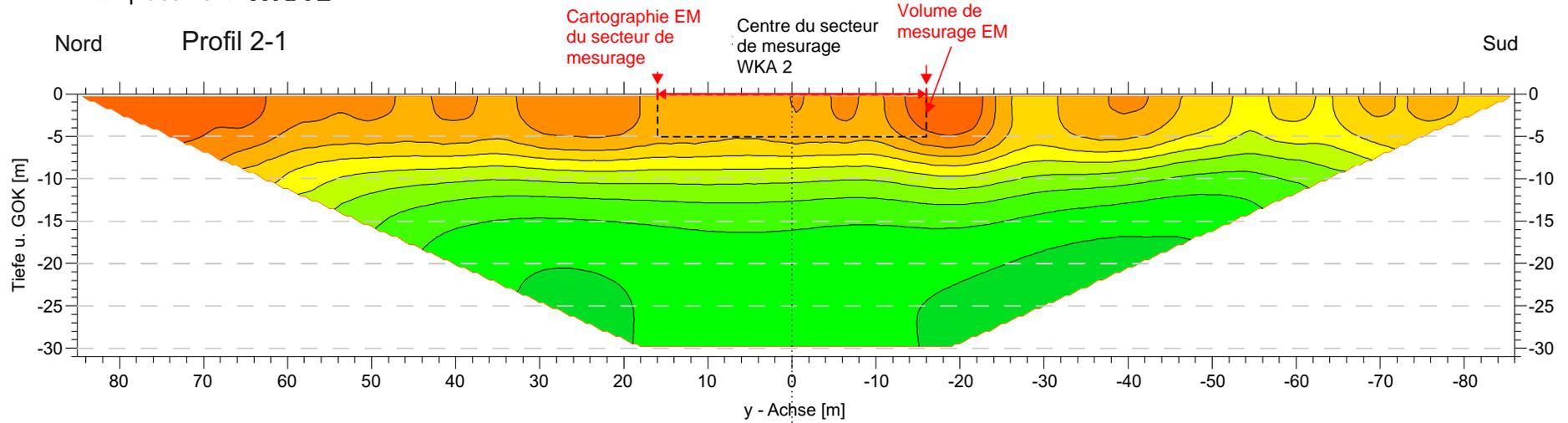


Echelle 1:250

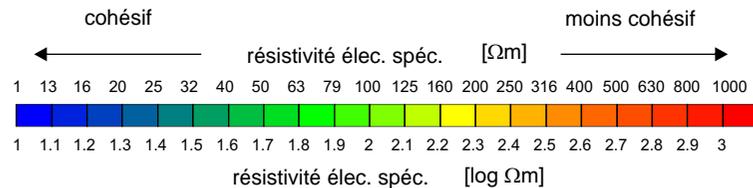
	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-2 Proj.: 12-189-DI
	Éolienne à Differdange, Luxembourg Cartographie électromagnétique Carte colorée résistivité élec. spéc - emplacement WKA 2 « op der Retsch »	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



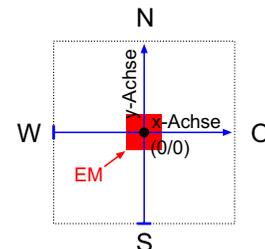
Emplacement WKA 2



Le point zéro de la coupe se trouve au centre au niveau du point central



Situation relative des profils



Echelle : 1:750

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-2
Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Tomographie géo-électrique de résistivité 2d

Tranches de profondeur de la résistivité élec. spéc. - emplacement WKA 2 « op der Retsch »

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

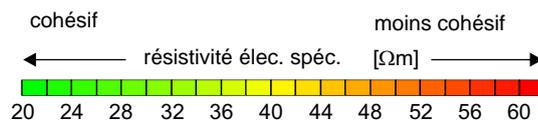
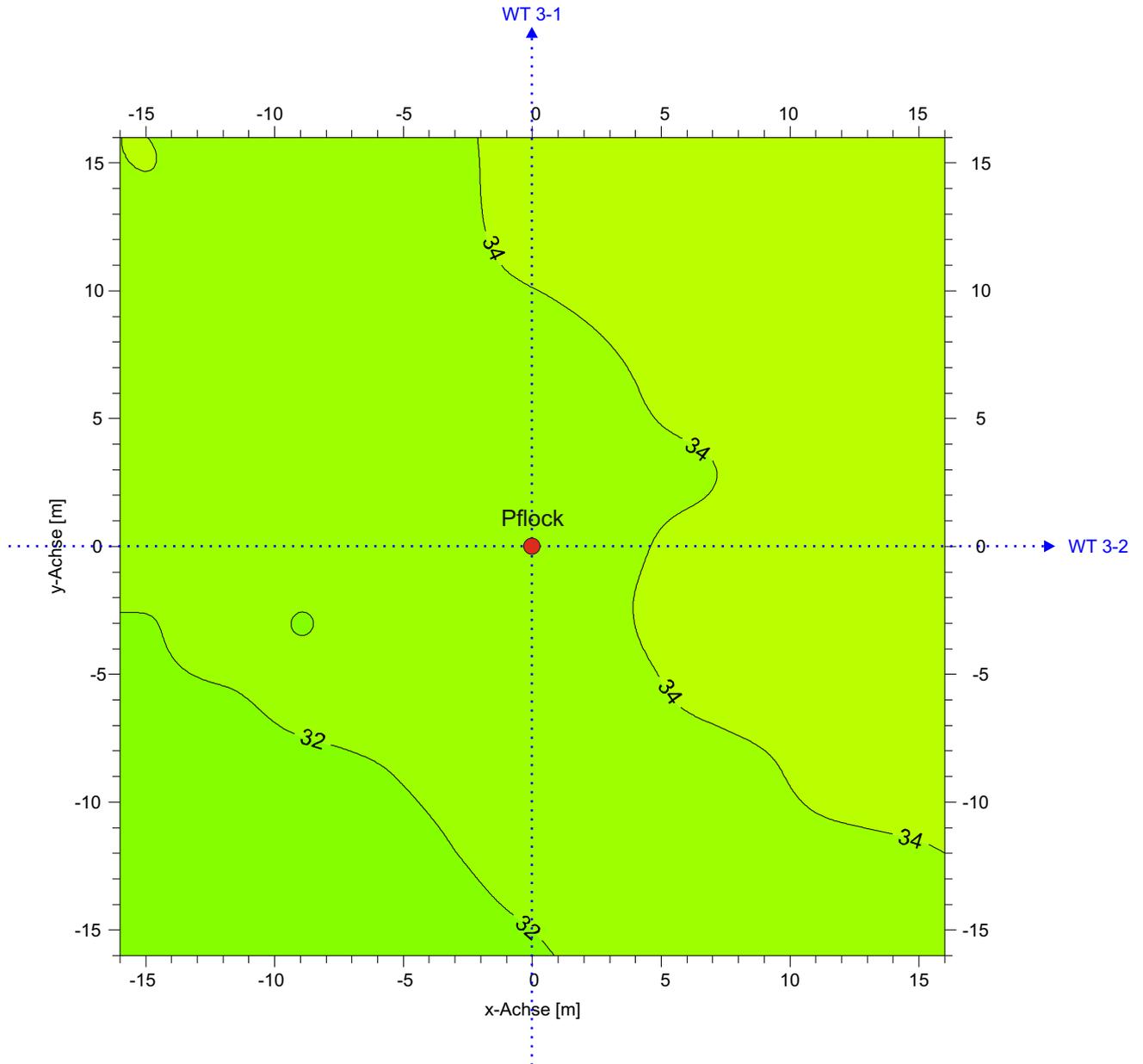
Emplacement de WKA 3

Distribution de la resistivité: homogène

Gamme des valeurs : 32 - 34 Ω m

Interprétation : aucun indice de zone d'ameublissement,
grande homogénéité

Obstacles : aucun

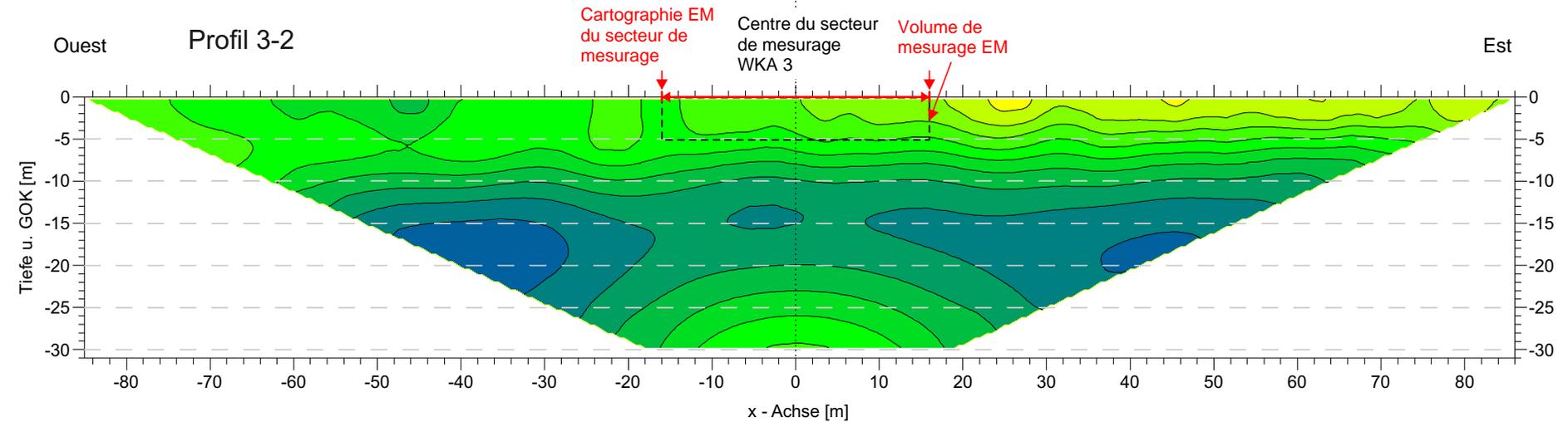
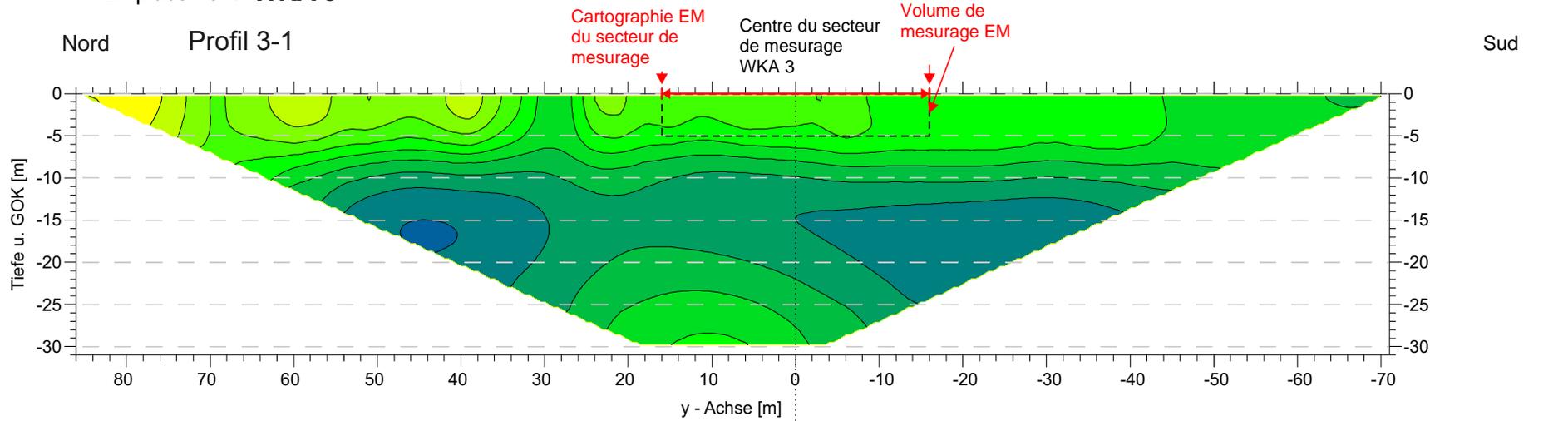


Echelle 1:250

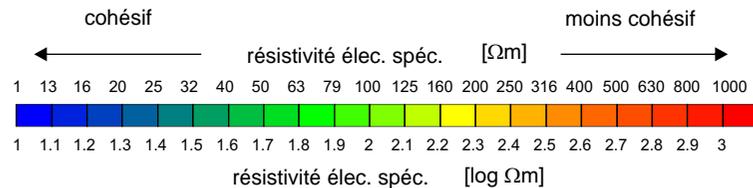


GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-3 Proj.: 12-189-DI
	Éolienne à Differdange, Luxembourg Cartographie électromagnétique Carte colorée résistivité élec. spéc - emplacement WKA 3 « Glécht »	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU

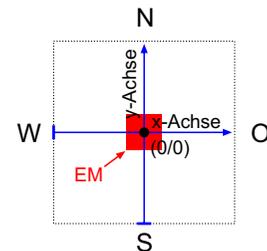
Emplacement WKA 3



Le point zéro de la coupe se trouve au centre au niveau du point central



Situation relative des profils



Echelle : 1:750

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-3
 Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Tomographie géo-électrique de résistivité 2d

Tranches de profondeur de la résistivité élec. spéc. - **emplacement WKA 3 « Glécht »**

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

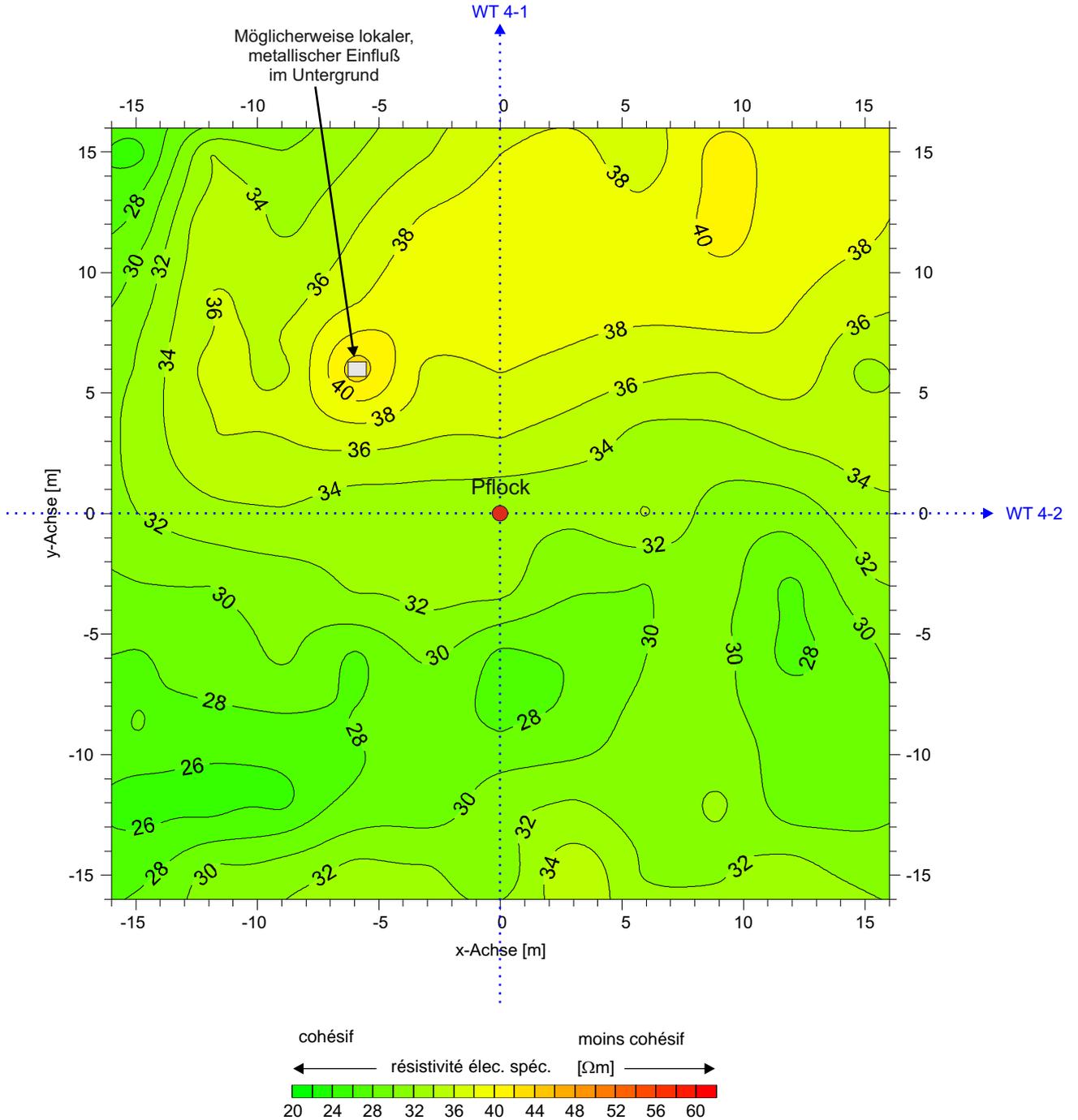
Emplacement de WKA 4

Distribution de la resistivité: hétérogène
 Secteur de valeur ohmique élevée (> 35 Ωm) au nord,
 Secteur de valeur ohmique élevée (< 32 Ωm) au sud,
 les deux secteurs s'étendent en direction est-ouest

Gamme des valeurs : 25 - 44 Ωm

Interprétation : indices de zones d'ameublissement dans la partie nord,
 homogénéité minimale

Obstacles : aucun



Echelle 1:250

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb: EMK-4

Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Cartographie électromagnétique

Carte colorée résistivité élec. spéc - emplacement WKA 4 « um Réimerwée »

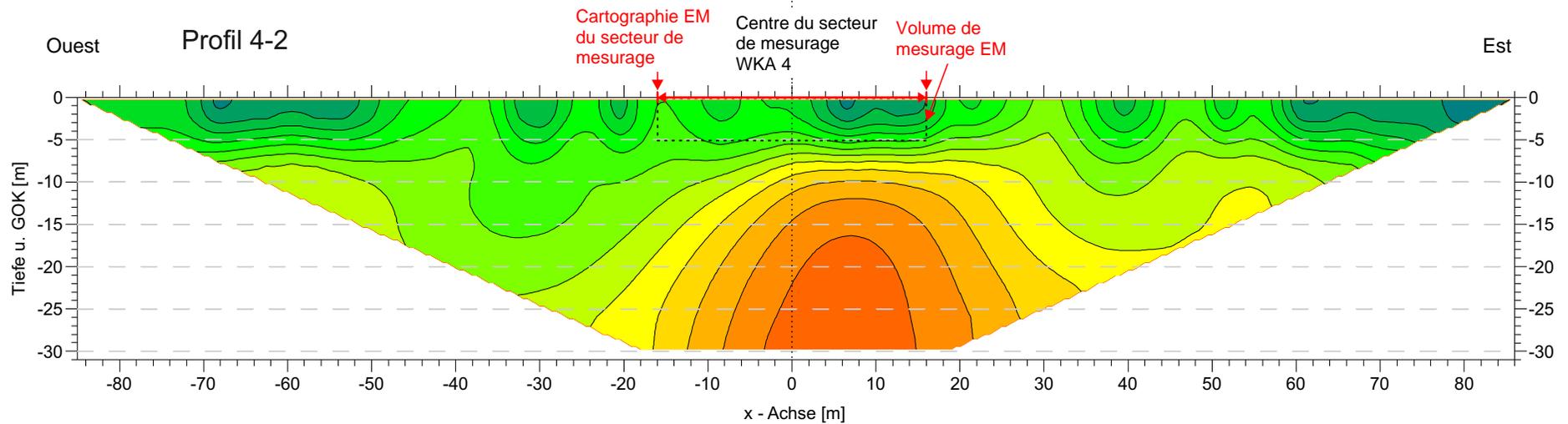
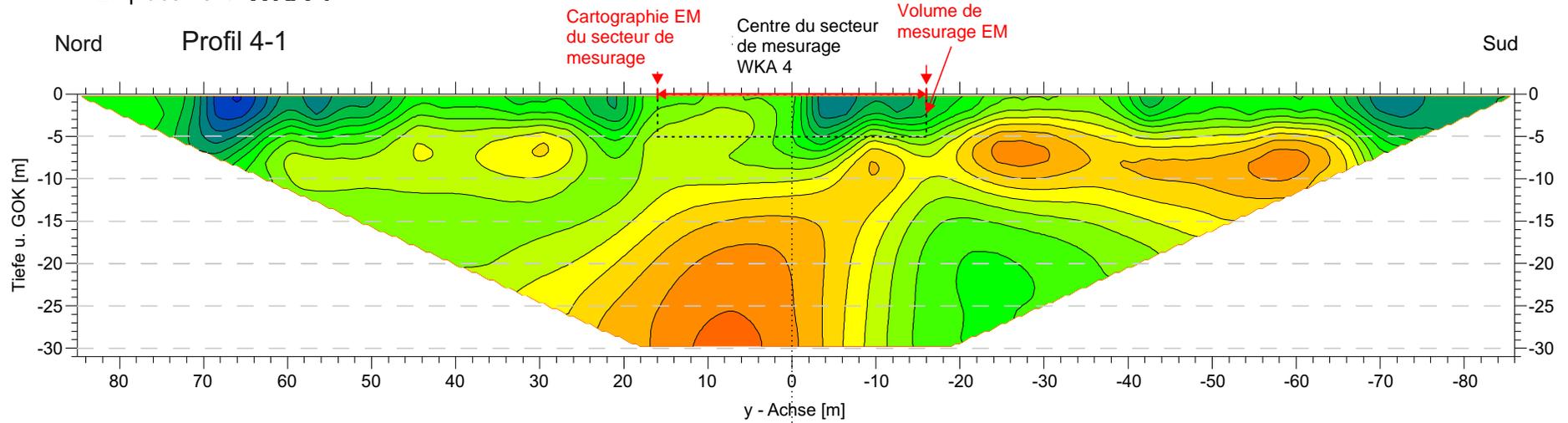
Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

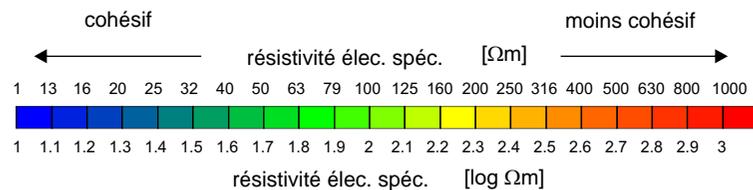
Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



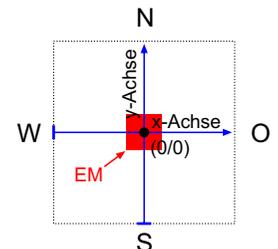
Emplacement WKA 4



Le point zéro de la coupe se trouve au centre au niveau du point central



Situation relative des profils



Echelle : 1:750

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-4
 Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Tomographie géo-électrique de résistivité 2d

Tranches de profondeur de la résistivité élec. spéc. - **emplacement WKA 4 « um Réimerwée »**

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

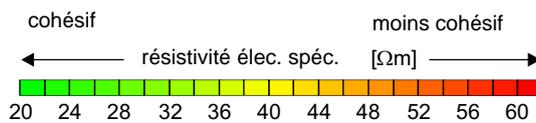
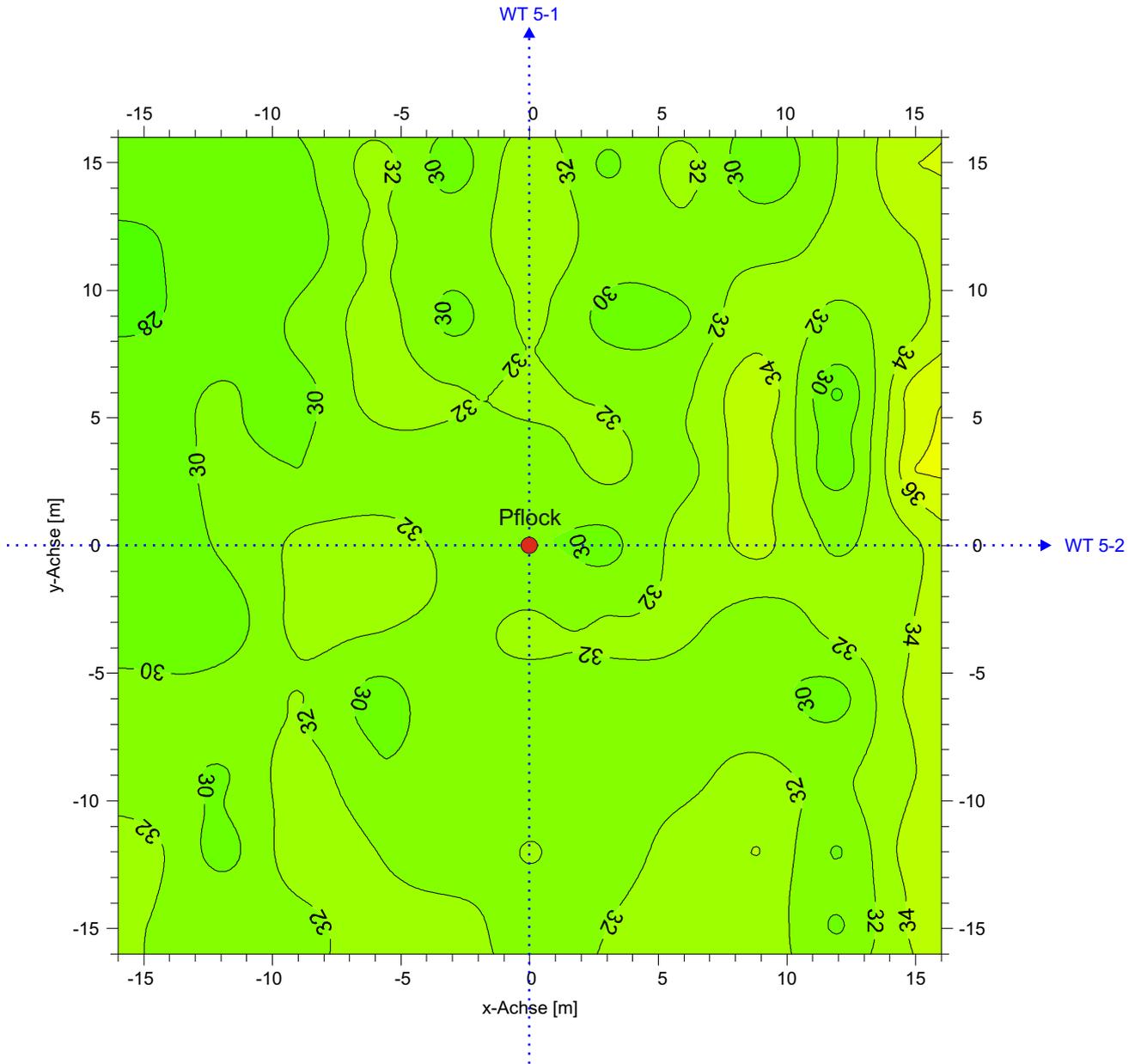
Emplacement de WKA 5

Distribution de la resistivité: moyen

Gamme des valeurs : 29 - 36 Ωm

Interprétation : aucun indice de zone d'ameublissement, homogénéité prépondérante

Obstacles : aucun



Echelle 1:250

	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-5 Proj.: 12-189-DI
	Éolienne à Differdange, Luxembourg Cartographie électromagnétique Carte colorée résistivité élec. spéc - emplacement WKA 5 « Heed »	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU

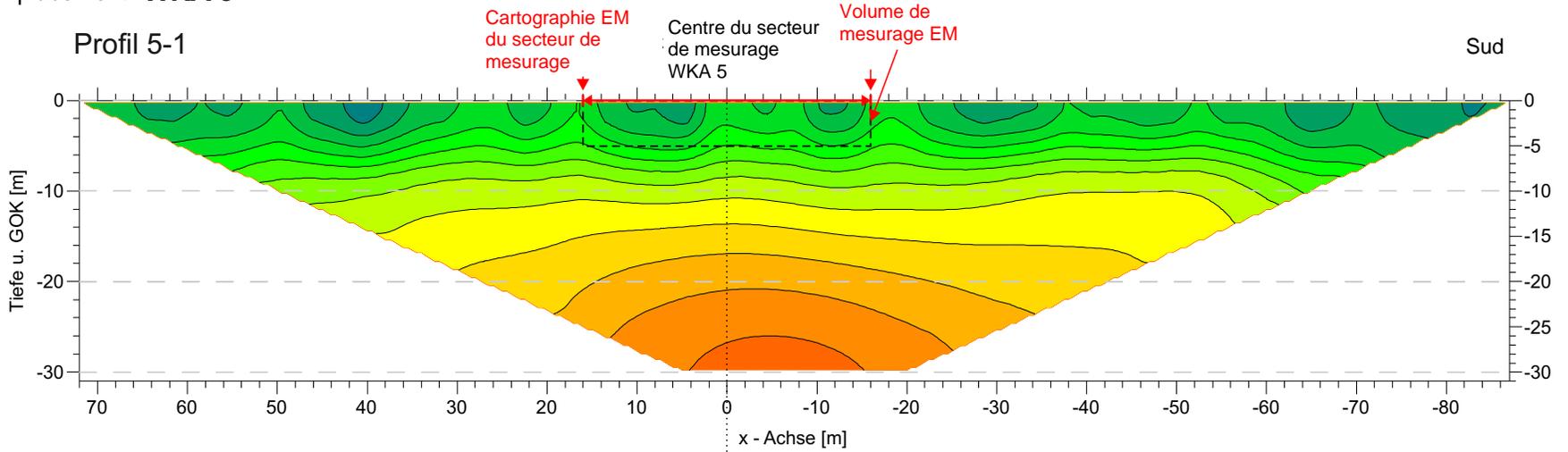


Emplacement WKA 5

Nord

Profil 5-1

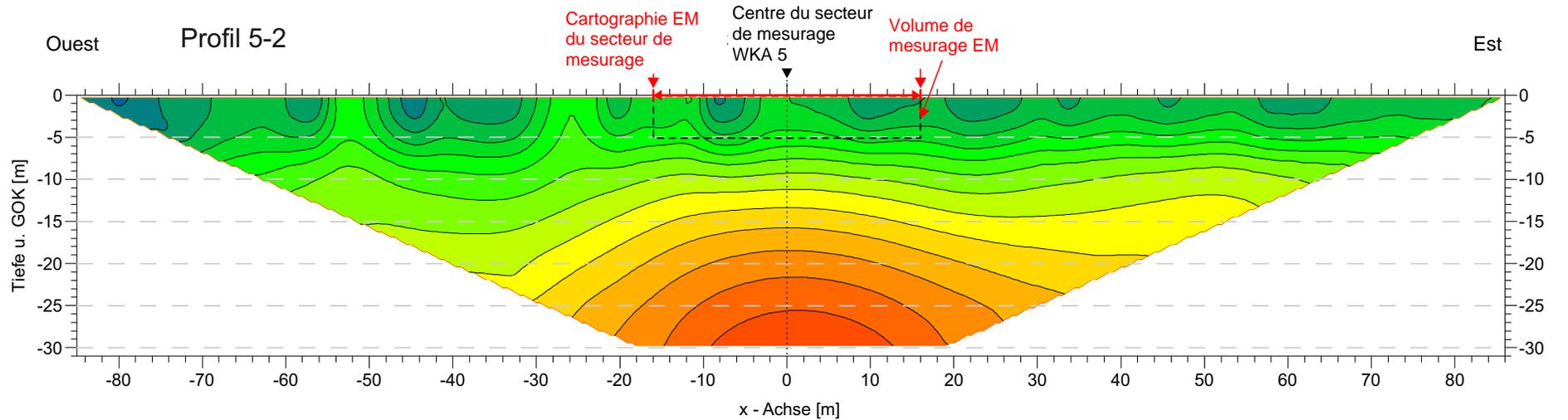
Sud



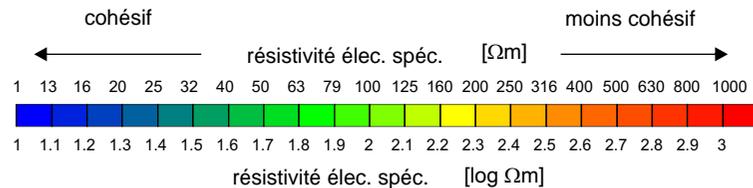
Ouest

Profil 5-2

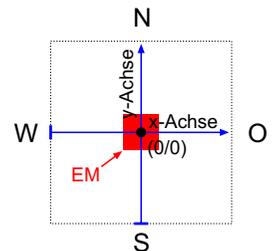
Est



Le point zéro de la coupe se trouve au centre au niveau du point central



Situation relative des profils



Echelle 1:750

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-5
 Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg
 Tomographie géo-électrique de résistivité 2d
 Tranches de profondeur de la résistivité élec. spéc. - **emplacement WKA 5 « Heed »**

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

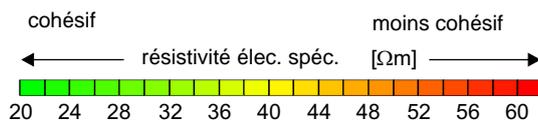
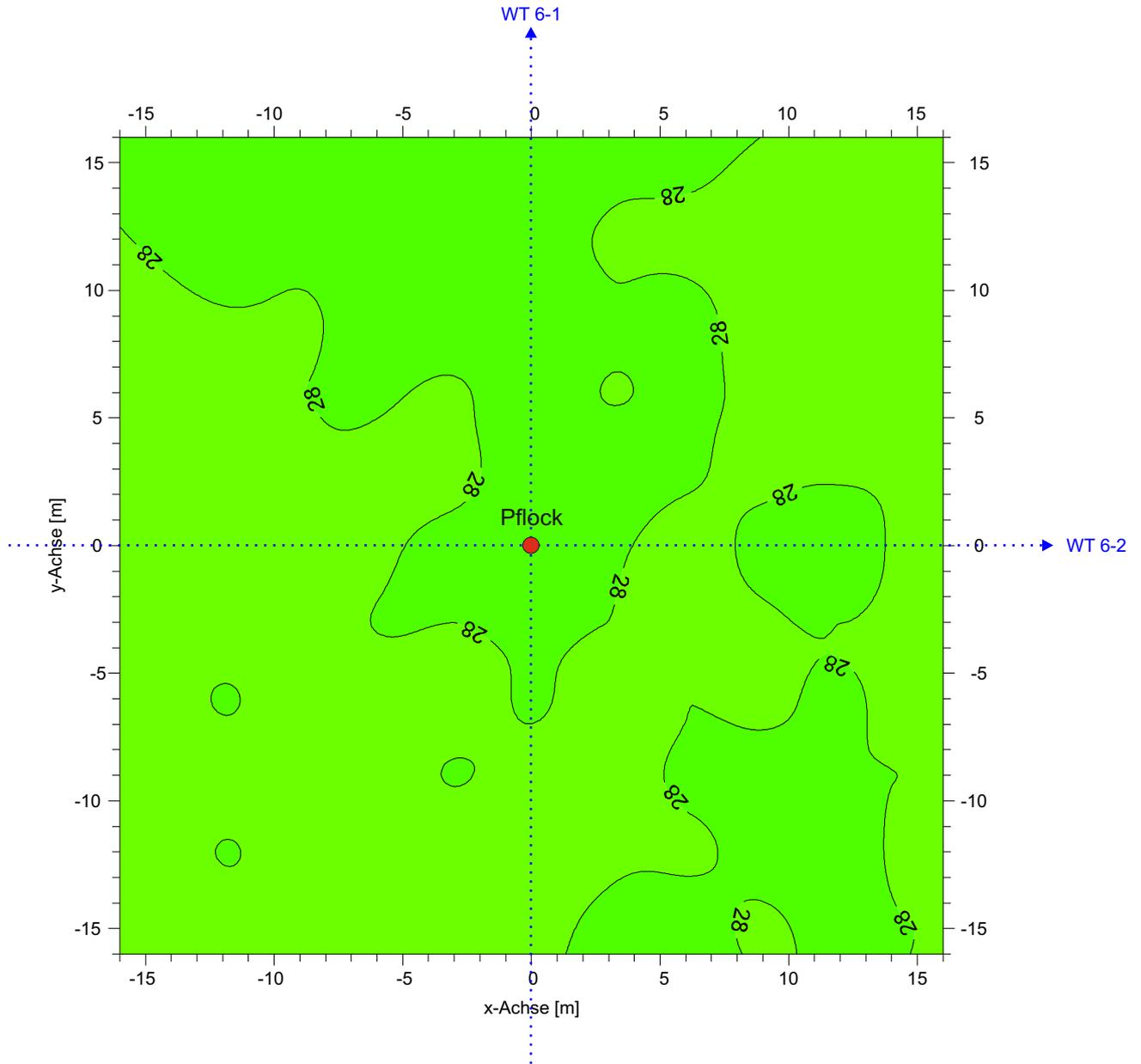
Emplacement de WKA 6

Distribution de la résistivité: très homogène

Gamme des valeurs : 27 - 29 Ωm

Interprétation : aucun indice de zone d'ameublissement,
grande homogénéité

Obstacles : aucun



Maßstab 1:250

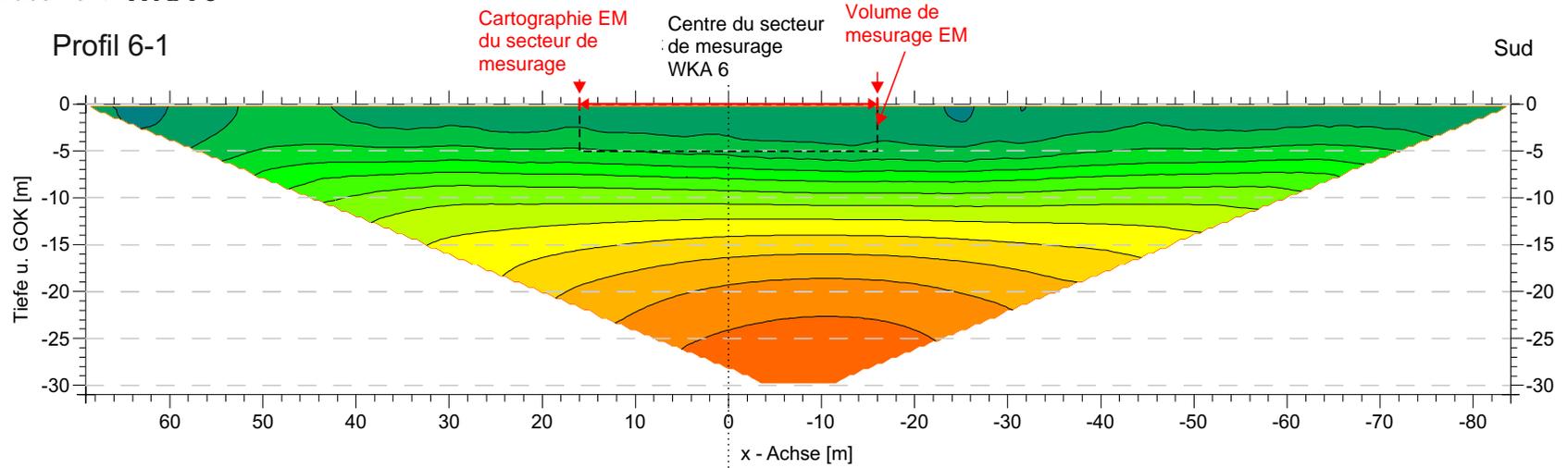


GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-6 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg Elektromagnetik-Kartierung Farbkarte d. spezifischen elektr. Widerstandes - Standort: WKA 6 „Stronk-Laangfur“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU

Emplacement WKA 6

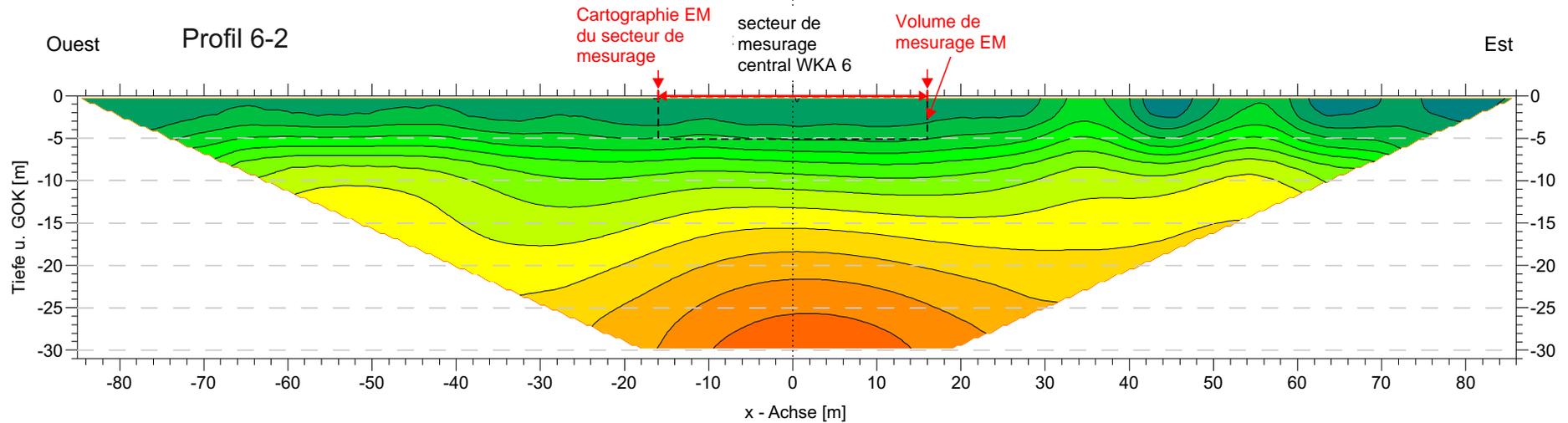
Nord

Profil 6-1



Ouest

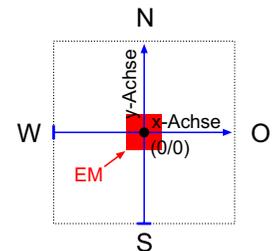
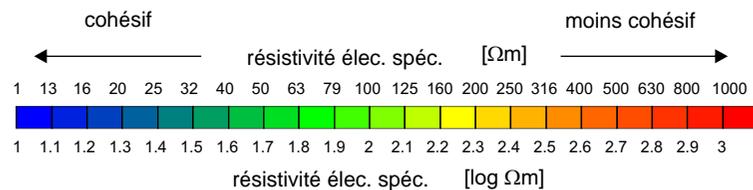
Profil 6-2



Le point zéro de la coupe se trouve au centre au niveau du point central

Situation relative des profils

Echelle 1:750



GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-6
 Proj.: 12-189-DI

Éolienne à Differdange, Luxembourg

Tomographie géo-électrique de résistivité 2d

Tranches de profondeur de la résistivité élec. spéc. - emplacement : **WKA 6 « Stronk-Laangfur »**

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher