

ÉTUDE RELATIVE AU COMPORTEMENT DES ÉCOULEMENTS SURFACIQUES

Etude de drainage pour un parc photovoltaïque au sol

Commune de Diesen (57)
**Parcelles cadastrales 09 n° 369 et 370, 10
n° 209, 32 n° 17, 18, 19 et 20, 33 n° 28, 29 et
30**



Rapport 2500960 v0 - Juillet 2025



PSTW SAS
31, Avenue Saint-Rémy
57 600 FORBACH

Client

Nom	PTSTW SAS
Adresse	31, Avenue Saint-Rémy, 57 600 Forbach
Interlocuteur	M. Eric Fess

ECR Environnement

Coordonnées Agence	Agence de Besançon 92, Rue de l'Esplanade Ouest 25 220 THISE Tel : 03 81 80 27 10 Mail : besancon@ecr-environnement.com
Responsable d'agence	A. MARION
Chargé d'études	J. GRANDVOINET

Date	Indice	Observation / Modification	Rédacteur	Vérificateur
31/07/2025	0	Première version	J. GRANDVOINET	J. GRANDVOINET

Visa

Rédacteur	Vérificateur
	
J. GRANDVOINET Ingénieur Hydrogéologue	J. GRANDVOINET Ingénieur Hydrogéologue

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
1.1. OPERATION – INTERVENANTS	5
1.2. OBJET	5
1.3. DOCUMENTS DE REFERENCE	6
1.4. DOCUMENTS SOURCES	6
2. SITE ET PROJET	8
2.1. PRESENTATION DU SITE	8
2.2. PRESENTATION DU PROJET	10
2.3. VISITE DE SITE	11
3. ENVIRONNEMENT DU SITE	16
3.1. CLIMATOLOGIE	16
3.1. OCCUPATION DU SOL	17
3.2. GEOLOGIE	18
3.3. BASSIN VERSANT A GRANDE ECHELLE	20
3.4. HYDROGRAPHIE	21
3.5. HYDROGEOLOGIE	22
3.6. RISQUES NATURELS	23
4. ANALYSE TOPOGRAPHIQUE	25
4.1. PRETRAITEMENT DU MNT	26
4.2. IMPORTATION ET TRAITEMENT	27
4.3. RESULTATS ANALYSE TOPOGRAPHIQUE	27
4.4. ANALYSE HYDROLOGIQUE	30
4.5. SYNTHESE SUR LE COMPORTEMENT DES ECOULEMENTS	34
5. SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LIMITER LA STAGNATION D'EAU ET LA CORROSION DES PIEDS DE TABLES	35
5.1. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	35
5.2. SOLUTIONS TECHNIQUES ENVISAGEES	36
5.3. SOLUTION PROPRIETAIRE : DRAINS SUPERFICIELS TRANSVERSAUX	37
6. ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DES OUVRAGES	40
7. CONCLUSION	40

FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet – IGN Scan 100	9
Figure 2 : Vue aérienne – Google Satellite	9



Figure 3 : Localisation des zones présentant des désordres (corrosion, mise à nu des pieux) observées lors de la visite du 30 juillet 2025	13
Figure 4 : Photographies prises lors de la visite (avril 2025) – ECR Environnement	15
Figure 5 : Prises de vues – ECR Environnement	15
Figure 6 ; Diagramme ombrothermique de Seingbouse -1991-2020	17
Figure 7 : Occupation du sol -Corine Land Cover	18
Figure 8 : Extrait de la carte géologique de Sancoins (n°548) - BRGM	20
Figure 9 : Hydrographie à proximité du secteur d'étude - BD topage.....	21
Figure 10 : Exposition au phénomène de retrait/gonflement des sols argileux - MTES.....	24
Figure 11 : Remontée de nappe – MTES	24
Figure 12 : Aléa sismique – MTES	25
Figure 13 : Extraction des isohypses – SURFER – ECR Environnement	28
Figure 14 : Maillage du modèle - SURFER - ECR Environnement.....	28
Figure 15 : Délimitation et caractérisation des bassins versants - SURFER - ECR Environnement.....	29
Figure 16 : Principe de fonctionnement du modèle D8	30
Figure 17 : Extraction du réseau hydrographique théorique – ECR Environnement	32
Figure 18 : Extraction du réseau hydrographique corrélée aux zones de dommages observés – ECR Environnement	33
Figure 19 : Sens des écoulements corrélée aux zones de dommages observés - ECR Environnement.....	33
Figure 20 : Drainage via tuyaux percés – Image non sourcée	38
Figure 21 : Schématisation des solutions proposées -Image non sourcée	38

TABLEAUX

Tableau 1 : Sources et références	6
Tableau 2 : Station météorologique de Seingbouse (Météo-France, données 1991–2020).....	16
Tableau 3 : Caractéristiques des bassins versants	29
Tableau 4 : Débits de pointe avant aménagement	36
Tableau 5 : Liste des solutions techniques proposées	36



1. INTRODUCTION

1.1. Opération – Intervenants

Opération : Note hydraulique relative au comportement des écoulements surfaciques d'un parc photovoltaïque au sol.

Adresse client : 31, Avenue Saint-Rémy, 57 600 Forbach

Adresse opération : Commune de Diesen, Parcelles section 09 n°369 et 370, section 10 n°209, section 32 n°17, 18, 19 et 20 ainsi que section 33 n°28, 29 et 30.

Client : PSTW SAS

1.2. Objet

Dans le cadre de l'inondation du nord d'un champ photovoltaïque, et de la corrosion des pieds des panneaux par l'eau au sol sur la commune de Diesen (Moselle), la société PSTW a mandaté le bureau d'études ECR Environnement (agence de Besançon) pour la réalisation d'une étude hydrologique visant à caractériser les écoulements surfaciques à l'échelle du site d'implantation, et trouver une solution de drainage des eaux résiduelles.

Cette étude poursuit plusieurs objectifs complémentaires :

- Évaluer les volumes d'eau à drainer et identifier les causes des accumulations d'eau ;
- Proposer des solutions techniques de drainage adaptées à la configuration du site, aux contraintes géotechniques et aux enjeux de durabilité des installations.

L'approche retenue combine l'analyse de données bibliographiques, une observation de terrain ciblée, ainsi qu'une modélisation topographique et hydrologique à partir de levés topographiques et des données altimétriques issues de l'IGN. L'étude s'articule autour des axes suivants :

1. Analyse documentaire et reconnaissance de terrain : climat, géomorphologie, couverture végétale, réseau hydrographique, hydrogéologie, présence éventuelle de zones humides ;
2. Etude des données existantes (plans, photos, altimétrie, nature du sol), et visite de site avec repérage des zones concernées par les stagnations ;
3. Exploitation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) haute résolution pour identifier les surfaces contributives et cartographier les axes d'écoulements préférentiels ;
4. Simulation hydraulique avancée basée sur l'algorithme D8, permettant de modéliser les flux hydriques et d'évaluer différents scénarios de précipitations ;
5. Quantification de volumes à drainer, identification des points bas et des zones à risque :

Affaire 2500960 - NH - PSTW SAS

Diesen (57)

Juillet 2025 - v0

Page 5



6. Préconisations d'ouvrages de gestion des eaux pluviales adaptés : drains, fossés exutoires, bassins tampon, puits, etc... ;
7. Dimensionnement optimisé des dispositifs (profondeur, espacement, section) en conformité avec la réglementation ;
8. Etude de solutions complémentaires : fossés d'infiltration, volumes de stockage temporaire, raccordement à un exutoire contrôlé.

L'objectif est de préserver une cinétique hydrologique et des volumes aussi proches que possible de l'état initial.

1.3. Documents de référence

Les documents et informations suivants ont été mis à disposition afin de permettre la réalisation de la présente étude :

- Un courrier de consultation daté du 2 juin 2025 ;
- Le plan de masse du projet, transmis aux formats DWG et PDF ;
- Une étude géotechnique de type G2 AVP, réalisée par le bureau GEOTEC France en date du 1er août 2018 ;
- Un plan localisant les zones où les fondations présentent des niveaux de corrosion plus ou moins marqués ;
- Un plan du réseau de drainage actuellement en place sur le site.

1.4. Documents sources

La présente étude est basée sur les connaissances techniques et scientifiques acquises à la date de sa réalisation. Les différentes consultations menées pour la rédaction de ce rapport sont indiquées dans le tableau ci-après (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Sources et références

Source	Type de consultation	Données disponibles	Date
RAPPORT ET OUVRAGES			
BRGM	Notice géologique de Boulay n°139	Données géologiques	-
BASES D'INFORMATION			
Eau France (ADES)	Internet (https://ades.eaufrance.fr/)	Données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines	Consultation : 07/2025
BD LISA	Internet (https://bdlisa.eaufrance.fr/)	Données hydrogéologiques	Consultation : 07/2025



BRGM/INFOTERRE	Internet (Infoterre.brgm.fr)	Données géologiques, coupes techniques des ouvrages	Consultation : 07/2025
GEORISQUES	Internet (https://www.georisques.gouv.fr/)	PPRI, remontée de nappes, argiles gonflantes, etc...	Consultation : 07/2025
Météo France, météo ciel	Internet (Publitheque.meteo.fr)	Coefficient de Montana, Pluies brutes journalières, mensuelles...	Consultation : 07/2025
DREAL	Internet (http://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/)	Carte des traçages IDEO BFC	Consultation : 07/2025
IGN	Internet (https://www.geoportail.gouv.fr)	Données topographiques	Consultation : 07/2025
CADASTRE	Internet (https://www.cadastre.gouv.fr)	Références cadastrales	Consultation : 07/2025
SIG RESEAUX ZONES HUMIDES	Internet (http://sig.reseau-zones-humides.org/)	Données zones humides	Consultation : 07/2025
BASES DE DONNEES NUMERIQUES / PLANS / LOGICIELS			
STARVERT	Plan projet / Surface projet	Données techniques	-
SURFER 2020	Modélisation d'écoulement	Comportement des écoulements	-



2. SITE ET PROJET

2.1. Présentation du site

Le projet de centrale solaire agrivoltaïque est localisé sur le territoire de la commune de Diesen, dans le département de la Moselle (57), en région Grand-Est. Il est prévu sur un terrain d'une superficie d'environ 20 hectares, actuellement affecté à un usage agricole. Le périmètre du projet s'étend sur dix parcelles cadastrales contiguës :

- Section 09, parcelle n°369 ($S = 6\,332\text{ m}^2$)
- Section 09, parcelle n°370 ($S = 6\,910\text{ m}^2$)
- Section 10, parcelle n°209 ($S = 20\,410\text{ m}^2$)
- Section 32, parcelle n°17 ($S = 90\,815\text{ m}^2$)
- Section 32, parcelle n°18 ($S = 159\,168\text{ m}^2$)
- Section 32, parcelle n°19 ($S = 14\,242\text{ m}^2$)
- Section 32, parcelle n°20 ($S = 299\text{ m}^2$)
- Section 33, parcelle n°28 ($S = 163\,127\text{ m}^2$)
- Section 33, parcelle n°29 ($S = 106\,157\text{ m}^2$)
- Section 33, parcelle n°30 ($S = 14\,711\text{ m}^2$)

Ce terrain se situe au sud de la commune de Diesen, entouré de la forêt domaniale de Saint-Avold. Le ruisseau de Diesen, un cours d'eau de 5 km circulant globalement en direction du Nord, passe à quelques centaines de mètres à l'est, à l'aval du domaine d'étude. De plus, en amont du site, juste à l'ouest des parcelles du nord se trouvent trois bassins de décantation de 5ha, 3ha et 2ha, ainsi que huit stations de pompage dans un rayon de 1 km (cf. Fig 1 et 2) :



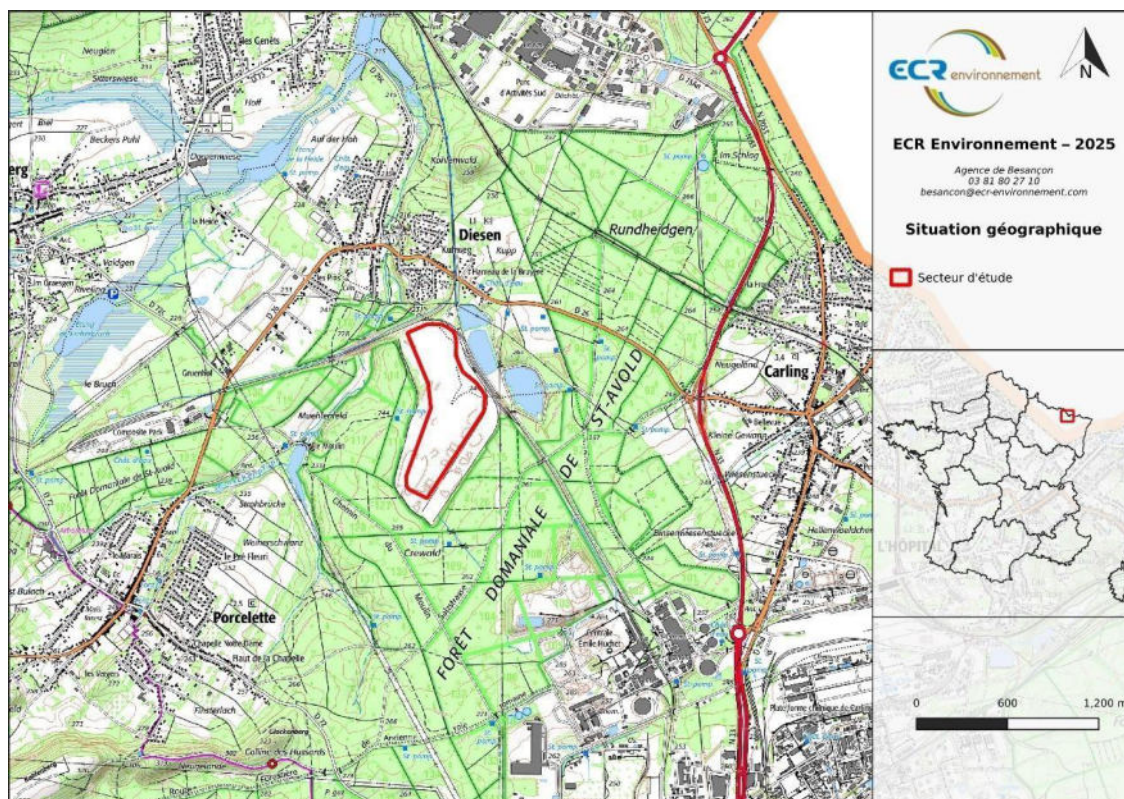


Figure 1 : Localisation du projet – IGN Scan 100

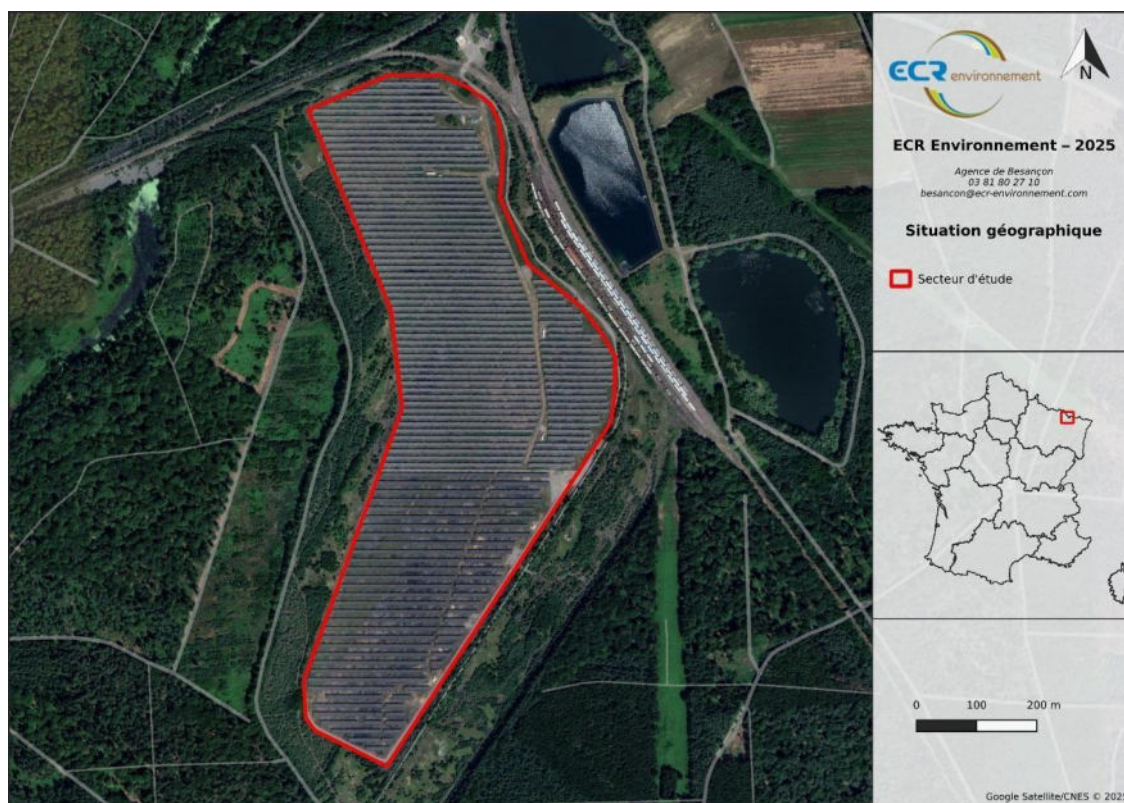


Figure 2 : Vue aérienne – Google Satellite

2.2. Présentation du projet

Le parc s'étend sur une surface d'environ 19 hectares et accueille un total de 44 352 panneaux photovoltaïques. Ces panneaux sont installés sur des structures métalliques ancrées au sol par pieux battus, en cohérence avec la nature géotechnique hétérogène du terrain. Le système a été conçu pour s'adapter à la faible pente du site, sans mouvements de terrain ni terrassements importants.

La puissance installée de la centrale est de 17 MWc (mégawatts-crête). Elle permettra de produire environ 18 004 MWh par an, ce qui correspond à la consommation électrique annuelle d'un peu plus de 7 600 foyers (hors chauffage). Cette production est injectée dans le réseau, contribuant à la transition énergétique régionale et à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone à horizon 2050.

Le choix du site résulte à la fois d'une opportunité foncière et d'un souci d'optimisation environnementale : le terrain n'était plus exploité, présentait peu de contraintes d'usage, et permettait d'installer une production d'énergie renouvelable sans conflit d'usage agricole ou résidentiel.



2.3. Visite de site

Outre la démarche classique de recherches bibliographiques, l'étude hydrologique a fait l'objet d'une visite de terrain le jeudi 30 juillet 2025.

La visite a consisté en l'observation de plusieurs éléments, à savoir :

- La morphologie des paysages et de la topographie générale des terrains (pente, relief, micro-reliefs) ;
- L'absence ou la présence d'un bassin versant amont et son influence potentielle sur le site ;
- Le sens des pendages des couches géologiques, et leur éventuelle incidence sur l'écoulement des eaux souterraines ou superficielles ;
- L'état de saturation des sols en surface (humidité, flaques, sols gorgés d'eau) ;
- Les réseaux hydrographiques environnants, qu'ils soient naturels (cours d'eau, fossés, talwegs) ou artificiels (caniveaux, drains, exutoires) ;
- La présence ou non d'ouvrages hydrauliques visibles (buses, regards, fossés de bord de parcelle, collecteurs, canaux anciens) ;
- La recherche d'indices propices à un écoulement surfacique et/ou souterrain (traces d'érosion, ravinements, dépôt de matières fines, végétation hydrophile, etc.) ;
- L'observation de l'état des ouvrages et fondations existants, notamment en lien avec l'érosion ou l'humidité (dénudement des pieux, affaissements localisés, désordres structurels apparents) ;
- L'analyse visuelle de la capacité du sol à drainer ou à retenir l'eau (perméabilité apparente, nature des matériaux, structure du sol en surface) ;
- L'identification des zones à topographie particulière pouvant favoriser une stagnation ou une accumulation d'eau en surface.

2.3.1. Observation générale

La visite du parc photovoltaïque de Diesen-Porcelette s'est tenue le 30 juillet 2025, dans un contexte météorologique marqué par plusieurs épisodes pluvieux successifs ayant saturé ponctuellement les couches superficielles du sol. Ce parc est implanté sur une ancienne friche industrielle, répartie entre les communes de Diesen et Porcelette, et s'étend sur une superficie d'environ 19 hectares. À l'échelle de la parcelle observée, le terrain apparaît globalement plat à l'œil nu, avec très peu de variation altimétrique perceptible. Aucune zone dépressionnaire marquée n'a pu être identifiée lors de la visite. Ce constat est cohérent avec les relevés topographiques et les études géotechniques antérieures, qui placent les altitudes du site entre environ 248,0 m et 249,1 m NGF. L'absence de relief significatif dans l'environnement proche empêche la formation d'un bassin versant amont ; ainsi, aucune concentration naturelle d'eaux de ruissellement extérieures au site n'est attendue. Le fonctionnement hydrique du projet est donc entièrement déterminé par la gestion des précipitations tombant directement sur les emprises du parc.

Lors de la visite, plusieurs zones de stagnation d'eau ont été observées, principalement localisées en partie aval du site. Ces accumulations d'eau ne semblent pas découler d'un écoulement dirigé ou canalisé depuis l'amont, mais

Affaire 2500960 - NH - PSTW SAS

Diesen (57)

Juillet 2025 - v0

Page 11



apparaissent comme des rétentions liées à une faible infiltration dans le sol à certains endroits. Les précédentes investigations géotechniques réalisées sur le site, notamment dans le cadre de la mission G2 AVP confiée à GEOTEC en 2018, n'ont pas mis en évidence la présence de niveaux d'eau franches dans les sondages à la date d'exécution des essais. Cela tend à écarter l'hypothèse d'une influence de la nappe phréatique ou de remontées capillaires, même après des périodes pluvieuses. Il est toutefois précisé que ces relevés hydriques ponctuels ne permettent pas de capter l'évolution temporelle du régime d'humidité, mais leur cohérence avec les observations de terrain suggère que les eaux en présence sont exclusivement d'origine météorique.

Les caractéristiques géotechniques du sol permettent de mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre. Le site repose sur une couche de remblais hétérogènes, d'origine anthropique, liée à l'exploitation et au démantèlement d'anciens ouvrages industriels. Ces remblais comprennent une alternance de sable fin noir, de cailloux, de blocs de schistes houillers et de cendres de combustion, ainsi que des niveaux argileux ou limoneux fortement chargés en particules fines et matières organiques. En raison de cette composition très variable, les propriétés mécaniques et hydrauliques des remblais sont tout aussi hétérogènes. Plusieurs essais pénétrométriques réalisés en 2018 ont mis en évidence des refus à très faible profondeur, révélateurs de blocs durs en surface, tandis que d'autres zones présentaient des horizons décomprimés, localement meubles et très sensibles à l'eau. Les échantillons de sol analysés montrent des teneurs en eau élevées, supérieures à 40 %, associées à des structures fines peu perméables. Cette porosité, couplée à la forte teneur en argiles ou en poussières de charbon, confère aux remblais une capacité de rétention d'eau significative. Ainsi, en l'absence d'un dispositif de drainage efficace, certaines zones du site fonctionnent temporairement comme des éponges, accumulant l'eau de pluie sans pouvoir l'évacuer rapidement par infiltration.

Lors de la visite, plusieurs emplacements présentent des traces nettes d'humidité résiduelle, de formation de flaques ou de sols saturés. Ces observations ont été particulièrement marquées en bas de pente ou dans les zones de moindre compacité. Dans certains cas, cette stagnation semble avoir favorisé une déstructuration locale du sol au droit des pieux supports des structures photovoltaïques. En plusieurs points, notamment dans les zones connues sous les identifiants T1R5-7, T1R16-8 et T2R30-7, on observe un dégagement partiel des pieux en acier, visibles sur une portion plus importante que prévu.



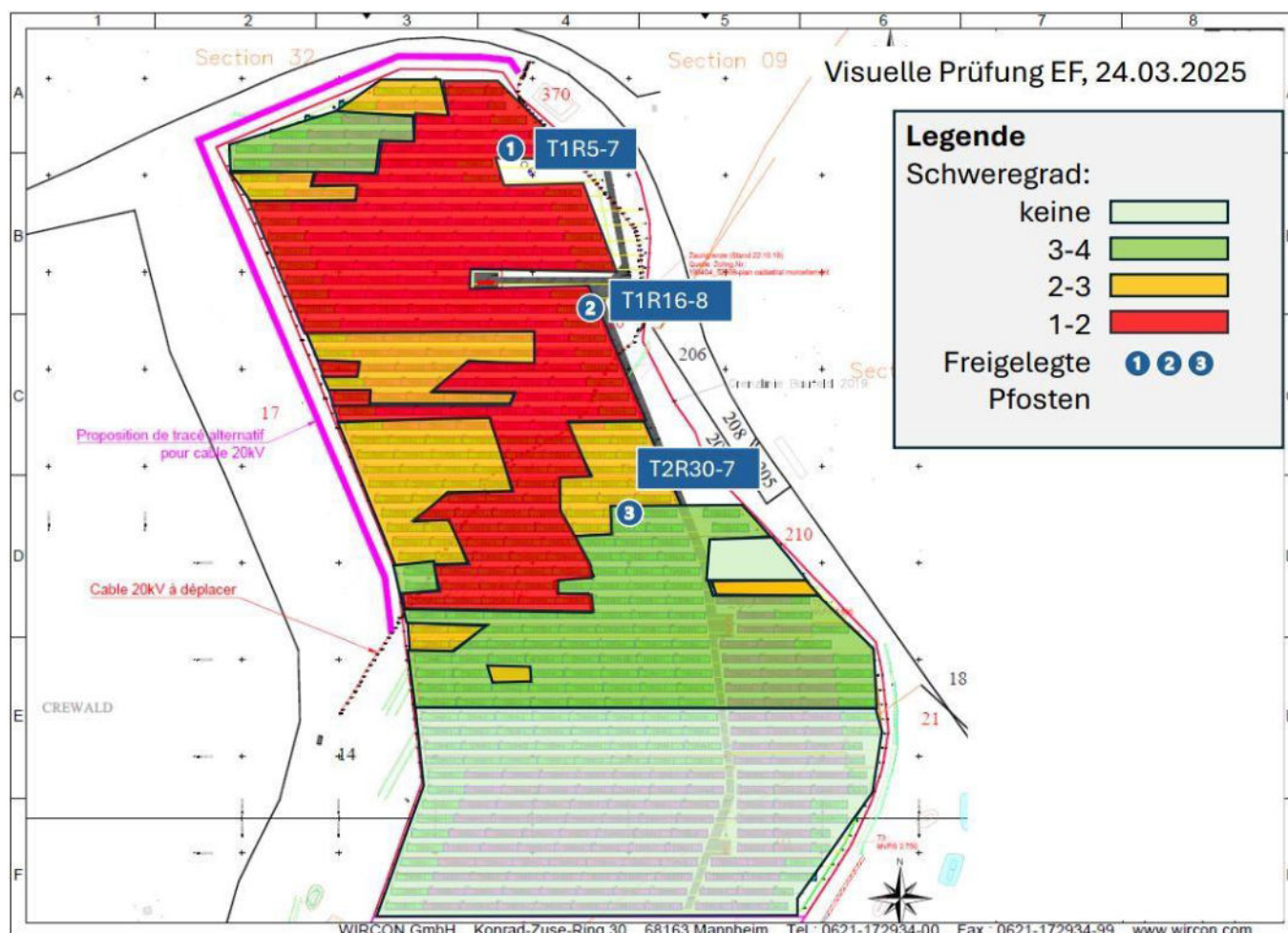


Figure 3 : Localisation des zones présentant des désordres (corrosion, mise à nu des pieux) observées lors de la visite du 30 juillet 2025.

Cette mise à nu est le résultat probable d'un phénomène combiné de lessivage, d'érosion superficielle et de tassement différentiel. Ces désordres sont cohérents avec les contraintes propres au site, où l'infiltration lente, la mauvaise évacuation des eaux de surface et la nature non homogène des remblais concourent à créer des conditions défavorables à la stabilité à long terme des fondations.

Enfin, l'absence de pente suffisante et la faible perméabilité locale, en particulier dans les zones remaniées riches en fines, limitent les capacités naturelles de ruissellement et d'absorption de l'eau. L'eau tombée sur le parc reste donc temporairement piégée à la surface ou dans les premiers centimètres du sol, créant des zones humides persistantes après les pluies, même modérées. Ces constats, appuyés par l'étude géotechnique et les observations de terrain, permettent de mieux comprendre les phénomènes hydriques actuellement observés sur le site, et notamment les mécanismes de stagnation et d'érosion qui affectent ponctuellement certaines fondations.

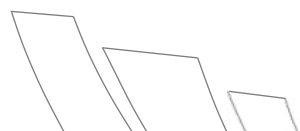
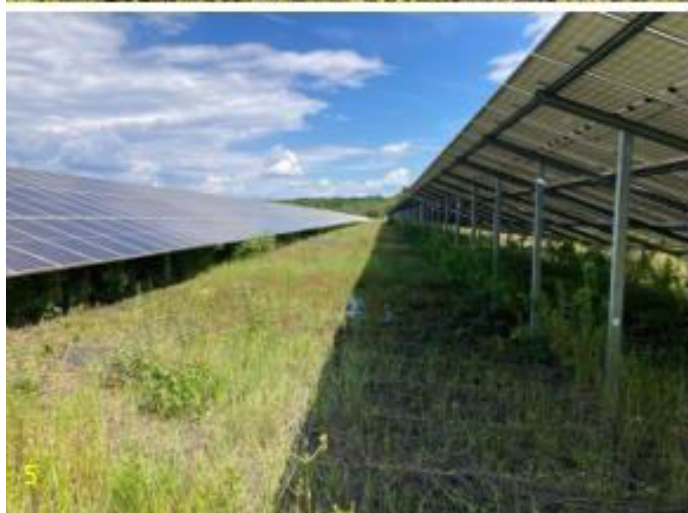




Figure 4 : Photographies prises lors de la visite (avril 2025) – ECR Environnement



Figure 5 : Prises de vues – ECR Environnement

3. ENVIRONNEMENT DU SITE

3.1. Climatologie

La commune de Diesen bénéficie d'un climat semi-continentale à influence océanique atténuée. Ce régime climatique se caractérise par des hivers froids et parfois rigoureux, accompagnés de brouillards fréquents, ainsi que par des étés chauds et bien ensoleillés. Les précipitations sont réparties tout au long de l'année, avec un maximum en début d'été, souvent lié à des épisodes orageux.

Les données météorologiques proviennent de la station de Seingbouse (code 56455), située à proximité immédiate de Diesen, et couvrent la période de référence 1991–2020.

Le tableau et le diagramme ombrothermique ci-dessous présentent les principales moyennes mensuelles de température et de précipitations, ainsi que quelques extrêmes notables enregistrés dans la région.

Tableau 2 : Station météorologique de Seingbouse (Météo-France, données 1991–2020)

Mois	Temp. min. moy. (°C)	Temp. max. moy. (°C)	Précipitations (mm)
Janvier	0,0	4,0	52
Février	0,8	6,5	45
Mars	3,2	11,1	50
Avril	6,0	15,0	47
Mai	10,0	19,7	67
Juin	13,2	23,2	83
Juillet	15,0	25,1	72
Août	14,6	24,6	65
Septembre	11,8	20,3	55
Octobre	8,4	14,8	70
Novembre	4,0	8,9	69
Décembre	1,2	5,0	56
Année	7,4	15,3	731



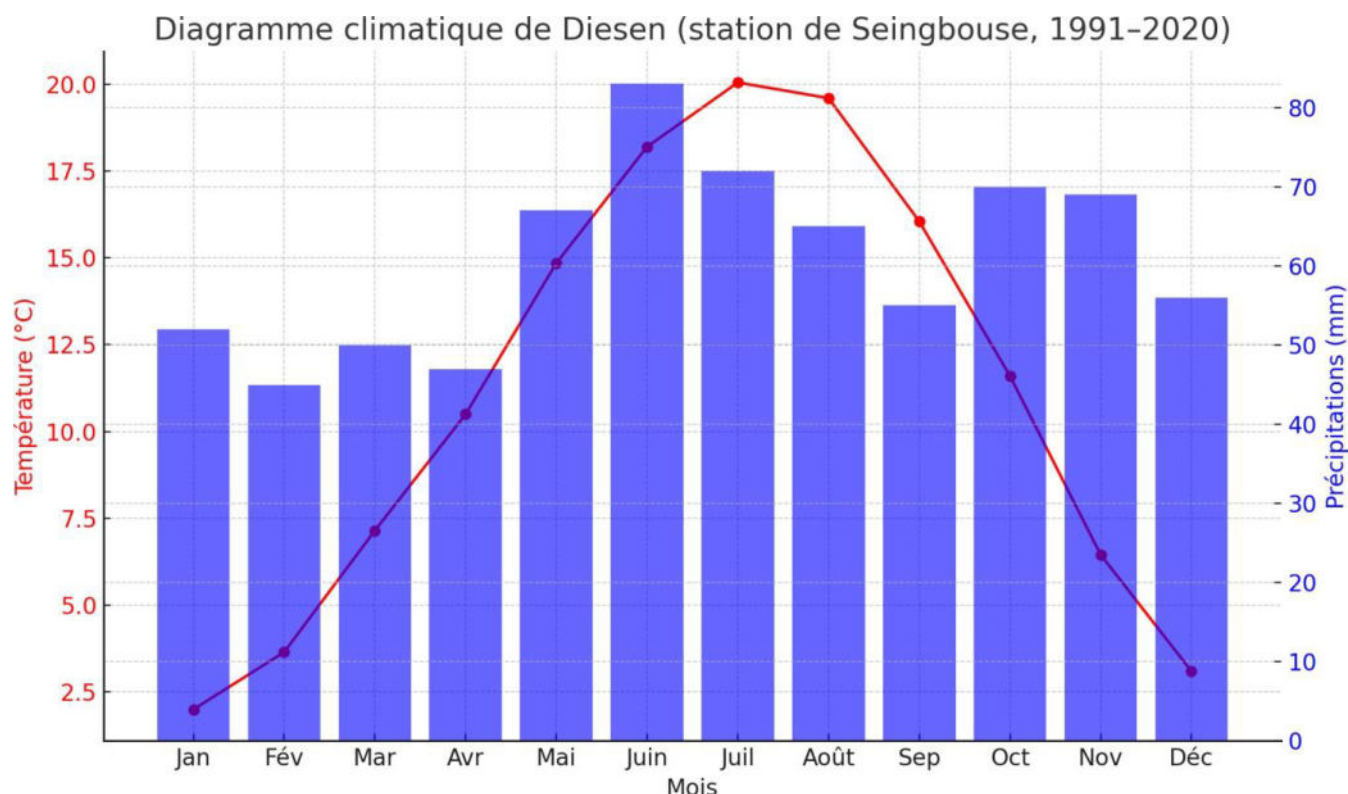


Figure 6 ; Diagramme ombrothermique de Seingbouse -1991-2020

L'analyse de ces données confirme que Diesen connaît :

- Un hiver marqué (décembre à février), avec des températures moyennes souvent proches de 0 °C la nuit et peu dépassant 5–6 °C en journée.
- Un été chaud (juin à août), où les maximales moyennes dépassent régulièrement 23 °C, avec des pics pouvant atteindre ou dépasser 35 °C lors des vagues de chaleur.
- Des précipitations régulières toute l'année, mais légèrement plus abondantes de mai à août, période propice aux orages.
- Une amplitude thermique annuelle importante (plus de 25 °C entre la moyenne des minima de janvier et la moyenne des maxima de juillet), typique des climats semi-continentaux.

Ces caractéristiques influencent directement la végétation et les pratiques agricoles locales, notamment la culture de céréales, le maïs et certaines cultures fourragères, tout en conditionnant la biodiversité régionale.

3.1. Occupation du sol

Le parc solaire de Diesen est implanté au sud-est immédiat du tissu urbain discontinu de la commune. L'emprise est classée en réseaux routier et ferroviaire et espaces associés, avec une surface aménagée pour la production d'électricité photovoltaïque. L'espace interne est composé d'installations techniques, de voies de circulation et de surfaces herbacées intercalées entre les rangées de panneaux.

Au nord, on trouve le tissu urbain discontinu de Diesen, à dominante résidentielle. À l'ouest et au sud-ouest, des forêts de feuillus constituent un écran paysager et un habitat pour la faune. À l'est, les terres arables hors périmètres d'irrigation sont utilisées pour l'agriculture. Au sud-est, la zone est majoritairement forestière, ponctuée de quelques clairières.

La position du parc solaire, à la jonction entre zones urbaines, agricoles et forestières, en fait un espace de transition. Les milieux boisés attenants participent à l'intégration paysagère et au maintien de la biodiversité. La gestion des surfaces herbacées internes peut renforcer cette fonction écologique tout en limitant l'artificialisation complète du site (cf. Fig 6).

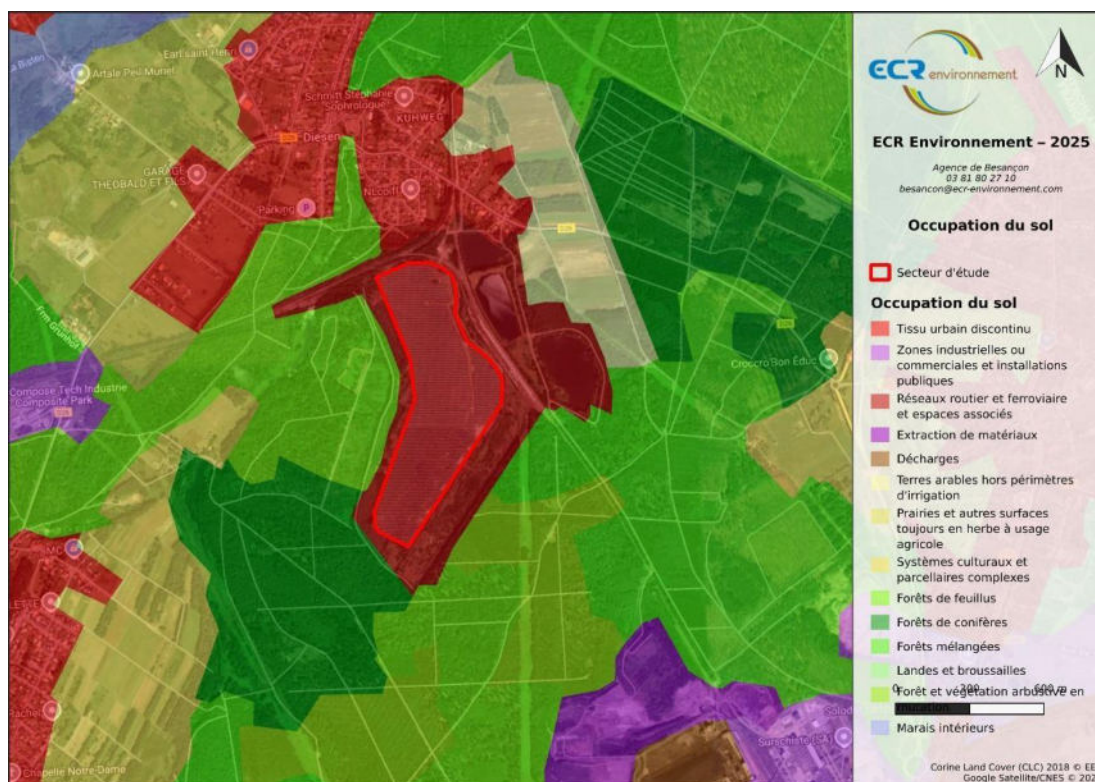


Figure 7 : Occupation du sol -Corine Land Cover

3.2. Géologie

La carte ci-après présente les formations géologiques affleurantes au droit et à proximité du parc solaire de Diesen. Elle met en évidence la prédominance du **Grès moyen à stratification horizontale** (Grès vosgien supérieur – Buntsandstein moyen), représenté en teinte brun-rosée, ainsi que des secteurs localisés d'**alluvions fluviales récentes à actuelles** (en jaune), présents essentiellement dans les zones basses et en fond de talweg.

Le secteur d'étude se situe dans le contexte géologique du bassin houiller lorrain, au sein d'une zone historiquement marquée par l'activité industrielle et minière. Le substratum naturel est constitué de Grès Vosgien

(Buntsandstein moyen), formation gréseuse d'âge triasique à granulométrie moyenne, présentant une bonne cohésion et une perméabilité variable selon la présence de niveaux argileux intercalés.

Au droit du site, ce substratum est recouvert par des remblais hétérogènes d'origine anthropique, résultant des anciennes exploitations industrielles (centrale thermique Émile Huchet, cokerie de Carling, voies ferrées et bassins de décantation des cendres). Ces remblais se caractérisent par :

- une couche superficielle de sable fin noir à cailloux et blocs de schistes houillers, parfois rose, contenant des résidus charbonneux (coke, schlamm), d'épaisseur variant de 0,20 à 1,00 m ;
- une alternance plus profonde de sables fins gris plus ou moins indurés (parfois assimilables à du grès), de niveaux argileux ou limoneux, et d'horizons riches en poussières de charbon et matières organiques, correspondant aux dépôts des anciens bassins de décantation ;
- des caractéristiques mécaniques très hétérogènes, avec des refus au pénétromètre dès 0,20 m dans les zones compactes, mais aussi des horizons localement meubles et décomprimés ;
- des teneurs en eau élevées (40 à 49 % selon les analyses GTR), conférant une capacité de rétention importante et une faible perméabilité dans certaines zones.

Cette structure complexe induit une forte variabilité latérale des propriétés mécaniques et hydrauliques. Les zones compactes présentent une bonne résistance mécanique, mais limitent l'infiltration, tandis que les zones fines et argileuses favorisent la stagnation d'eau en surface. Les remblais étant d'origine industrielle, la présence ponctuelle de polluants (poussières de charbon, hydrocarbures, métaux lourds) n'est pas exclue, bien que non caractérisée dans le cadre de cette étude.

Le modèle géologique local peut ainsi être résumé comme suit :

1. **Couche de remblais hétérogènes** (0,2 à 3 m), mélange sableux, argileux et charbonneux, d'origine industrielle ;
2. **Substratum en Grès Vosgien** à partir de 2,90 à 3,00 m de profondeur.

Ce contexte géologique explique en partie les phénomènes hydrauliques observés sur le site : faible infiltration dans certaines zones, hétérogénéité des écoulements, et sensibilité accrue aux conditions météorologiques, en lien avec la variabilité des remblais et leur porosité.



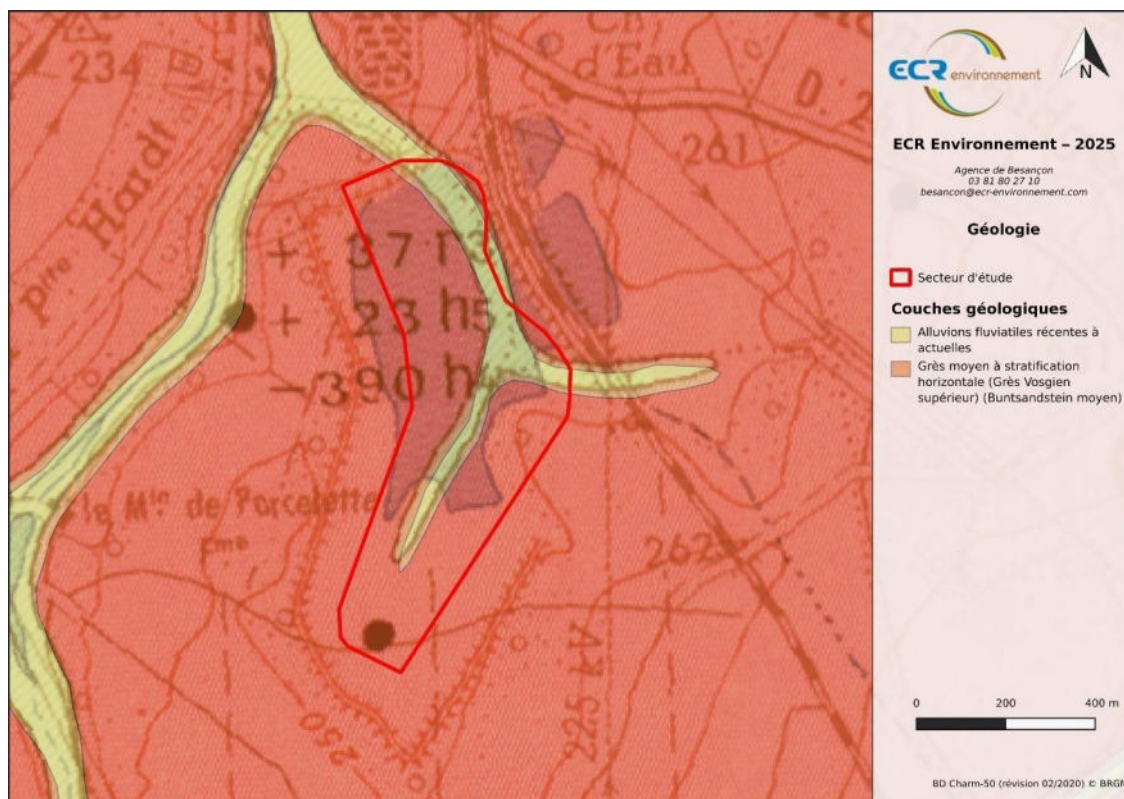


Figure 8 : Extrait de la carte géologique de Sancoins (n°548) - BRGM

3.3. Bassin versant à grande échelle

Le site du parc solaire de Diesen s'inscrit dans le bassin versant de la rivière Rosselle, affluent de la Sarre. À grande échelle, le secteur appartient à un environnement hydrographique faiblement structuré, caractérisé par des vallons secs et des talwegs secondaires qui ne présentent un écoulement de surface qu'en période de précipitations soutenues. Aucun cours d'eau permanent ne traverse directement l'emprise étudiée ; les écoulements convergent vers les fonds de vallée situés à plusieurs centaines de mètres en contrebas, où ils rejoignent les réseaux collecteurs naturels ou aménagés.

À l'échelle locale, le parc solaire occupe un relief très peu marqué, avec des pentes généralement inférieures à 1 %. Le micro-bassin versant du site est donc de taille réduite et fermé en amont : aucun apport direct d'un bassin versant supérieur n'est constaté. Les eaux de pluie tombant sur l'emprise sont essentiellement gérées in situ, avec un ruissellement lent et diffus vers les points bas internes. Ce fonctionnement favorise les phénomènes de stagnation d'eau, notamment dans les zones à sol compacté ou argileux, et explique la présence ponctuelle de flaques persistantes observées en période humide. Les limites topographiques, associées à la faible perméabilité de certaines couches de remblais, contribuent à limiter l'infiltration et à prolonger la durée de rétention des eaux en surface.

Plus loin dans ce document, une analyse plus fine des micro-dépressions présentes sur le site permettra de mieux comprendre la dynamique des écoulements, leur localisation, et les conditions favorisant l'accumulation d'eau.

3.4. Hydrographie

La carte ci-après illustre le réseau hydrographique présent à proximité du parc solaire de Diesen. Le site se trouve à l'ouest immédiat de deux plans d'eau artificiels, eux-mêmes connectés au réseau d'assainissement pluvial et aux anciens aménagements hydrauliques liés aux activités industrielles du secteur. Ces plans d'eau sont situés à une cote altimétrique légèrement inférieure à celle de l'emprise, ce qui limite tout apport gravitaire en provenance de ces zones.

Aucun cours d'eau permanent ne traverse directement le parc solaire. Les écoulements de surface s'orientent vers les talwegs secondaires identifiés au sud-ouest et au sud-est, lesquels rejoignent, après un parcours diffus, le réseau hydrographique de la vallée de la Rosselle. Le site se situe donc en marge des axes hydrauliques principaux et n'est concerné que par une hydrographie locale et temporaire, active en période de précipitations significatives. La faible densité du réseau hydrographique dans ce secteur et la topographie quasi plane expliquent que les eaux pluviales générées sur le parc solaire soient principalement gérées in situ. Dans la suite du rapport, l'analyse des micro-dépressions et des axes de ruissellement internes permettra de préciser les trajectoires préférentielles de l'eau et les zones de stagnation - (cf. Fig 9).

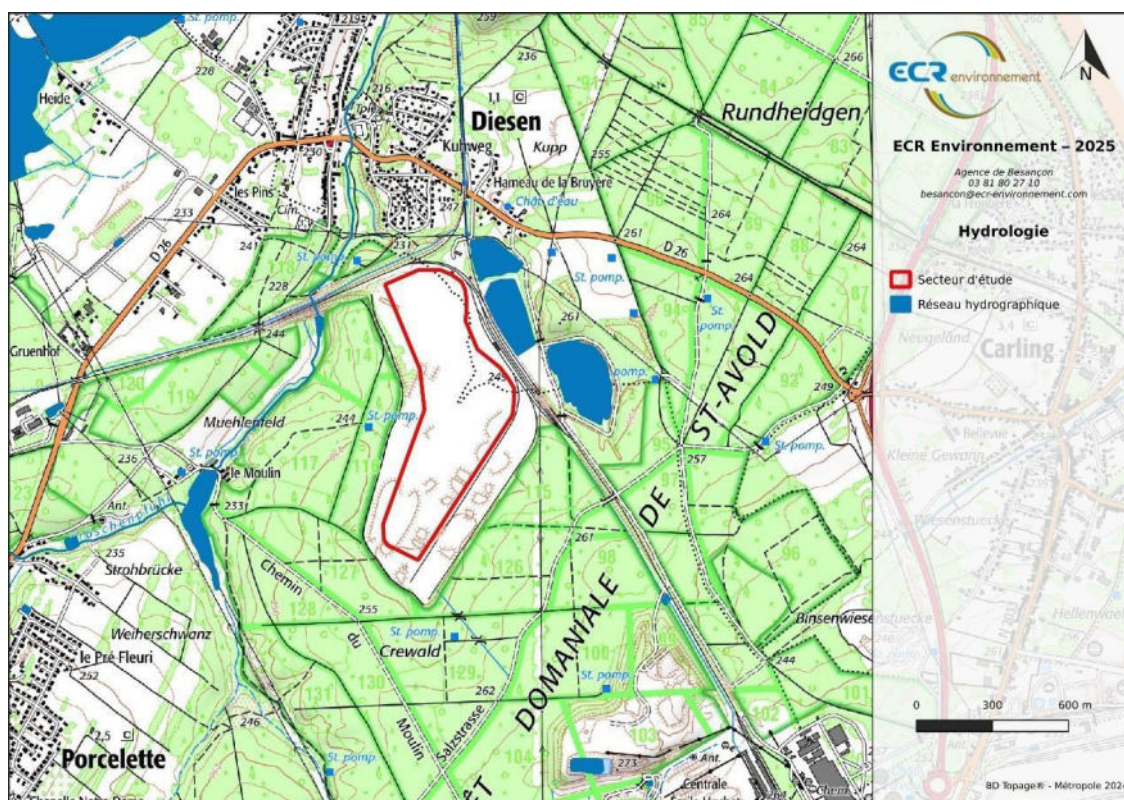


Figure 9 : Hydrographie à proximité du secteur d'étude - BD topog

3.5. Hydrogéologie

Le site de la centrale photovoltaïque s'inscrit dans un contexte hydrogéologique dominé par l'aquifère du Grès vosgien, formation perméable d'importance régionale, largement exploitée pour l'alimentation en eau potable et les besoins industriels dans le secteur. Cette unité géologique, composée de grès grossiers à fins, rouges à jaunes, offre une transmissivité généralement élevée, ce qui permet des captages pérennes à fort débit. Elle est surmontée, en surface, par une couverture hétérogène composée de niveaux argileux, argilo-sableux et sableux qui limitent, au moins partiellement, les infiltrations rapides et apportent une protection naturelle contre les pollutions superficielles.

Les données issues des ouvrages recensés dans la Base de Données du Sous-Sol (BSS) – (Cf. annexe) montrent que les forages environnants atteignent généralement des profondeurs comprises entre 120 et 150 m, ciblant les niveaux les plus productifs du grès. Parmi les exemples notables, le forage HBL 236 (BSS n° 01397X0038) à Porcellette, captant le Grès vosgien, indique sur la période 1961-1998 des niveaux d'eau variant entre 16,82 m et 27,35 m sous repère. D'autres ouvrages, tels que les forages 212BIS et 237BIS, montrent des niveaux d'eau situés respectivement à 60,58 m et 19,77 m de profondeur. Plus à l'est, les forages P1, P2 et P3, implantés dans le cadre des opérations de dépollution de la nappe de Diesen, présentent des niveaux piézométriques compris entre 39,79 m et 50,30 m, selon la localisation et la période de mesure.

Les sondages réalisés le 09 juillet 2018 (par la société GEOTEC) n'ont pas mis en évidence la présence d'eau franche dans les horizons investigués, confirmant l'absence de nappe libre affleurante au moment de la campagne. Toutefois, les remblais correspondant aux anciens dépôts de bassin présentaient une humidité notable, avec des teneurs en eau relativement élevées. Ces observations suggèrent que ces horizons possèdent une forte capacité de rétention et que leur état hydrique peut varier rapidement en fonction des précipitations. En période pluvieuse, des circulations d'eau superficielles peuvent apparaître, liées à la faible perméabilité locale et à l'hétérogénéité des remblais. Ces phénomènes, bien que ponctuels, sont susceptibles de générer des conditions de saturation temporaire en surface, favorisant la stagnation d'eau et la déstructuration locale des sols au droit des fondations des structures photovoltaïques.

Ces variations traduisent à la fois l'hétérogénéité naturelle du réservoir, les fluctuations saisonnières et l'influence des usages anthropiques historiques (pompages miniers et industriels). La nappe profonde présente une bonne capacité de stockage et une alimentation assurée par des zones de recharge situées en périphérie, souvent sur les reliefs où l'affleurement du Grès vosgien est direct. Toutefois, la piézométrie reste sensible aux conditions climatiques annuelles, notamment à la pluviométrie, qui module la recharge et donc le niveau des nappes.

Sur le plan de la vulnérabilité, l'aquifère bénéficie d'une protection naturelle par la présence de niveaux argileux en couverture. Cette configuration limite la pénétration directe de polluants depuis la surface, mais ne supprime pas les risques liés aux pollutions diffuses, en particulier dans les zones où les formations perméables affleurent ou sont peu recouvertes. La vigilance est donc de mise, notamment vis-à-vis des produits lessivables par les eaux de pluie.



Concernant le fonctionnement hydraulique local, il est à noter que les formations superficielles du site peuvent présenter des micro-dépressions et une faible perméabilité locale, favorisant l'accumulation temporaire des eaux météoriques. Cette accumulation, bien que superficielle et déconnectée hydrauliquement de la nappe profonde, constitue un enjeu particulier pour l'exploitation de la centrale photovoltaïque : elle est en effet à l'origine de la corrosion prématurée des pieds de tables, le contact répété et prolongé avec l'eau de pluie stagnante accélérant les processus d'oxydation. Ce phénomène, principalement lié à la topographie locale et à la nature du sol en surface, ne traduit pas une remontée de nappe, mais plutôt un problème de gestion et d'évacuation des eaux pluviales à l'échelle du site.

En résumé, le contexte hydrogéologique du secteur est marqué par un aquifère profond et productif, protégé par une couverture argileuse, mais avec des problématiques locales liées à la gestion des eaux de surface, directement impliquées dans les observations de corrosion des structures métalliques.

3.6. Risques naturels

La zone d'implantation du parc solaire de Diesen présente un niveau global de risques naturels et géotechniques faible.

L'aléa retrait-gonflement des argiles est classé faible sur l'ensemble de l'emprise, d'après la cartographie nationale. Ce phénomène, lié aux variations de volume des sols argileux en fonction de leur teneur en eau, n'est donc pas considéré comme un facteur contraignant majeur pour la stabilité des structures.

Le site est également situé en zone à faible aléa de remontée de nappe. Les données disponibles indiquent l'absence de débordement de nappe ou d'inondation de cave en conditions normales. Cela confirme les observations de terrain qui montrent que les phénomènes d'engorgement sont principalement liés aux précipitations et aux caractéristiques de surface des remblais.

En matière de sismicité, la zone est classée en aléa très faible selon la réglementation parasismique en vigueur. Les exigences en termes de conception parasismique des ouvrages sont donc limitées, sans toutefois être nulles.

Ces conditions géotechniques et environnementales confirment que les enjeux majeurs pour la durabilité des installations ne proviennent pas de phénomènes naturels rares ou extrêmes, mais plutôt de la gestion des eaux pluviales et des particularités locales de la topographie et des remblais.



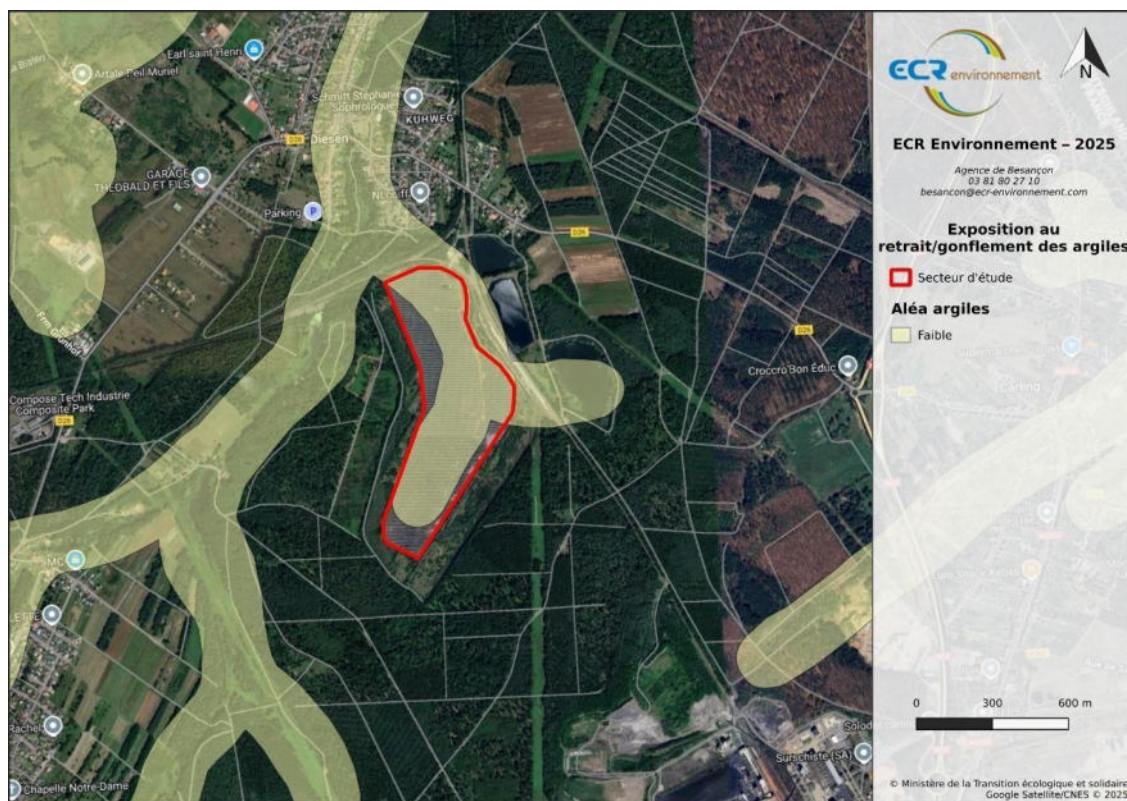


Figure 10 : Exposition au phénomène de retrait/gonflement des sols argileux - MTES

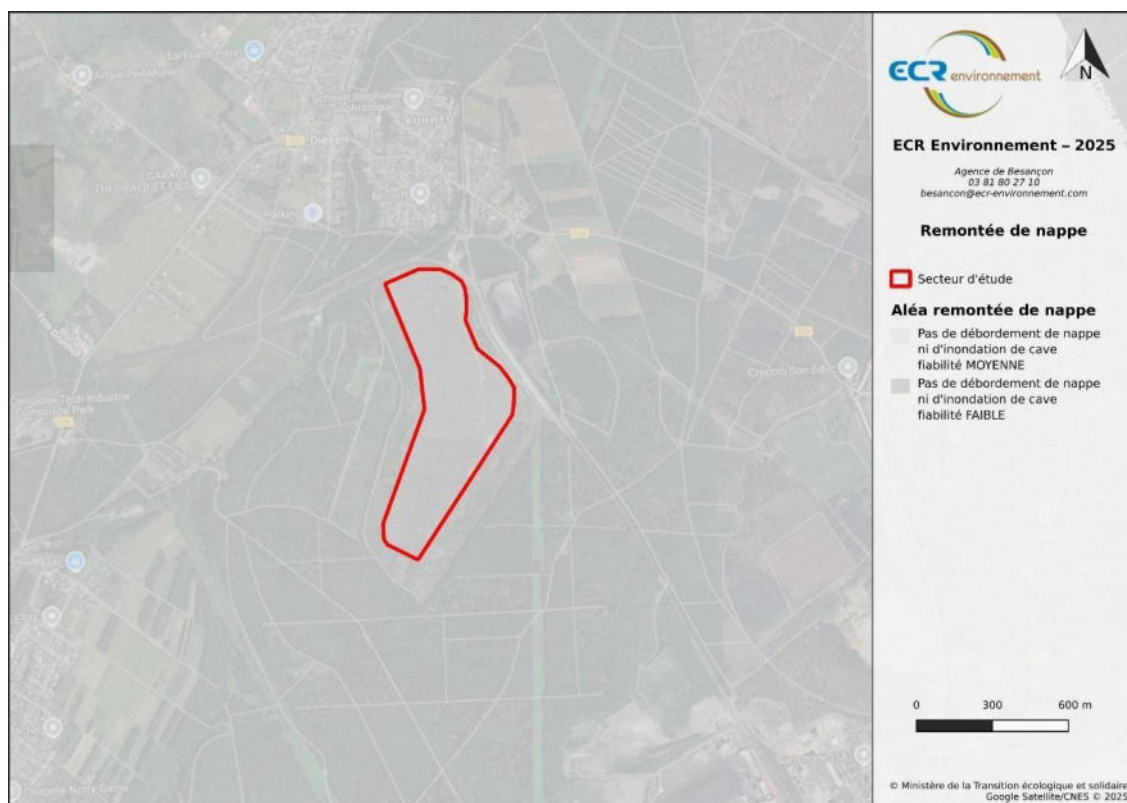


Figure 11 : Remontée de nappe – MTES

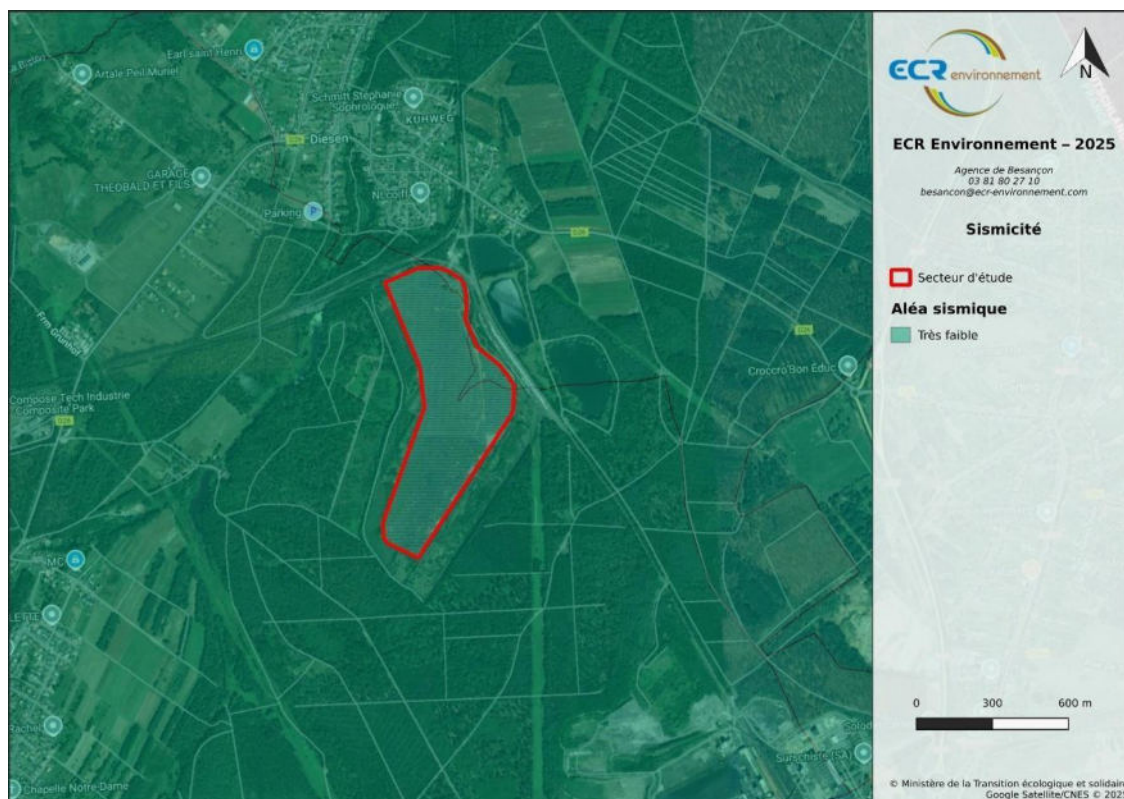


Figure 12 : Aléa sismique – MTES

4. ANALYSE TOPOGRAPHIQUE

L'analyse topographique a pour objectif de déterminer avec précision les zones de dépression susceptibles d'accumuler de l'eau lors des épisodes pluvieux, ainsi que d'identifier les chemins préférentiels d'écoulement au sein du site. Ce travail permet également de délimiter les bassins versants propres au projet, afin de mieux comprendre le comportement hydrologique des écoulements internes et leur interaction avec la microtopographie. Ces éléments sont indispensables pour évaluer les risques potentiels d'inondation, optimiser la conception ou l'adaptation des dispositifs de drainage, et planifier une gestion efficace des eaux pluviales.

Les données exploitées proviennent de deux sources complémentaires :

- les données altimétriques fournies par l'IGN (RGE ALTI), utilisées pour analyser le contexte topographique à grande échelle ;
- le plan topographique au format DWG transmis par le mandant, représentant l'emprise du projet avec un niveau de précision élevé, adapté à l'étude des variations altimétriques locales.

Le traitement combiné de ces données permet de disposer à la fois d'une vision macroscopique du relief environnant et d'une lecture fine des altitudes au sein de l'emprise. La précision obtenue est suffisante pour détecter des différences de niveau de l'ordre de quelques centimètres, essentielles pour identifier des micro-

dépressions ou de légères pentes qui, bien que peu visibles à l'œil nu, influencent fortement la répartition et la stagnation des eaux pluviales.

L'ensemble de ces données a été intégré et analysé à l'aide du logiciel SURFER, dédié à la visualisation et à l'extraction des données altimétriques. Les traitements effectués ont permis :

- d'identifier les zones les plus sensibles à l'accumulation d'eau ;
- de repérer avec exactitude les lignes de crête et les talwegs ;
- de reconstituer le sens général et local des écoulements superficiels.

Ces résultats constituent la base de l'analyse des bassins versants internes et de la cartographie des axes de ruissellement, présentés dans les sections suivantes. Cette approche topographique prend toute son importance dans le contexte du parc photovoltaïque de Diesen, où la faible pente générale et l'hétérogénéité des remblais favorisent la formation de stagnations localisées, comme constaté lors des inspections de terrain.

4.1. Prétraitement du MNT

Avant d'analyser les caractéristiques topographiques, un Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été créé en combinant deux sources de données complémentaires : les altitudes issues de l'IGN et les informations topographiques détaillées extraites du plan au format DWG. Ces données, importées dans SURFER, ont été mises au même système de coordonnées puis interpolées pour générer un modèle unique. Ce procédé permet de bénéficier à la fois de la précision locale du relevé topographique et de la continuité spatiale apportée par la couverture IGN.

Une fois le MNT créé, plusieurs traitements ont été réalisés pour garantir la fiabilité de l'analyse hydrologique :

- Correction des "trous" et anomalies altimétriques : comblement par interpolation locale des cellules sans valeur ou incohérences ponctuelles afin de produire une surface continue ;
- Suppression des dépressions artificielles : utilisation de fonctions de type `r.fill.dir` (GRASS GIS) ou équivalent dans SURFER pour éliminer les micro-dépressions non naturelles et recalculer correctement les directions d'écoulement ;
- Filtrage et lissage : application d'algorithmes (krigeage, interpolation spline) afin de réduire le bruit altimétrique tout en préservant la morphologie réelle du terrain.

Le MNT ainsi obtenu constitue une base fiable, débarrassée des artefacts, permettant de représenter fidèlement la topographie réelle du site et de modéliser les écoulements et zones de rétention de manière précise.



4.2. Importation et traitement

Une fois le MNT final obtenu, celui-ci est exploité dans SURFER pour produire les éléments nécessaires à l'analyse hydrologique. Les courbes de niveau sont générées avec un pas très fin (0,5 m, voire inférieur), afin de tirer pleinement parti de la précision du modèle. Cette résolution permet de détecter des variations altimétriques faibles, invisibles à l'œil nu et impossibles à distinguer avec les seules données IGN.

L'analyse de ces isohypses met en évidence les lignes de crête, talwegs et zones basses, qui servent de base à la délimitation des bassins versants. Cette délimitation consiste à tracer les lignes de partage des eaux définissant l'aire de collecte des précipitations et les directions préférentielles d'écoulement. Ces informations sont essentielles pour comprendre la dynamique des flux d'eau à l'intérieur de l'emprise, localiser les secteurs à risque d'accumulation ou d'érosion, et orienter la conception d'ouvrages de drainage adaptés.

4.3. Résultats analyse topographique

Les figures ci-après présentent les différentes étapes méthodologiques ayant permis de délimiter les bassins versants du secteur d'étude, en s'appuyant notamment sur l'analyse du MNT (Modèle Numérique de Terrain) et l'application de seuils de pente adaptés. Cette démarche a permis d'identifier huit bassins versants principaux au sein du périmètre étudié, dont les caractéristiques morphologiques et hydrologiques sont détaillées dans le Tableau 3.





Figure 13 : Extraction des isohypses – SURFER – ECR Environnement

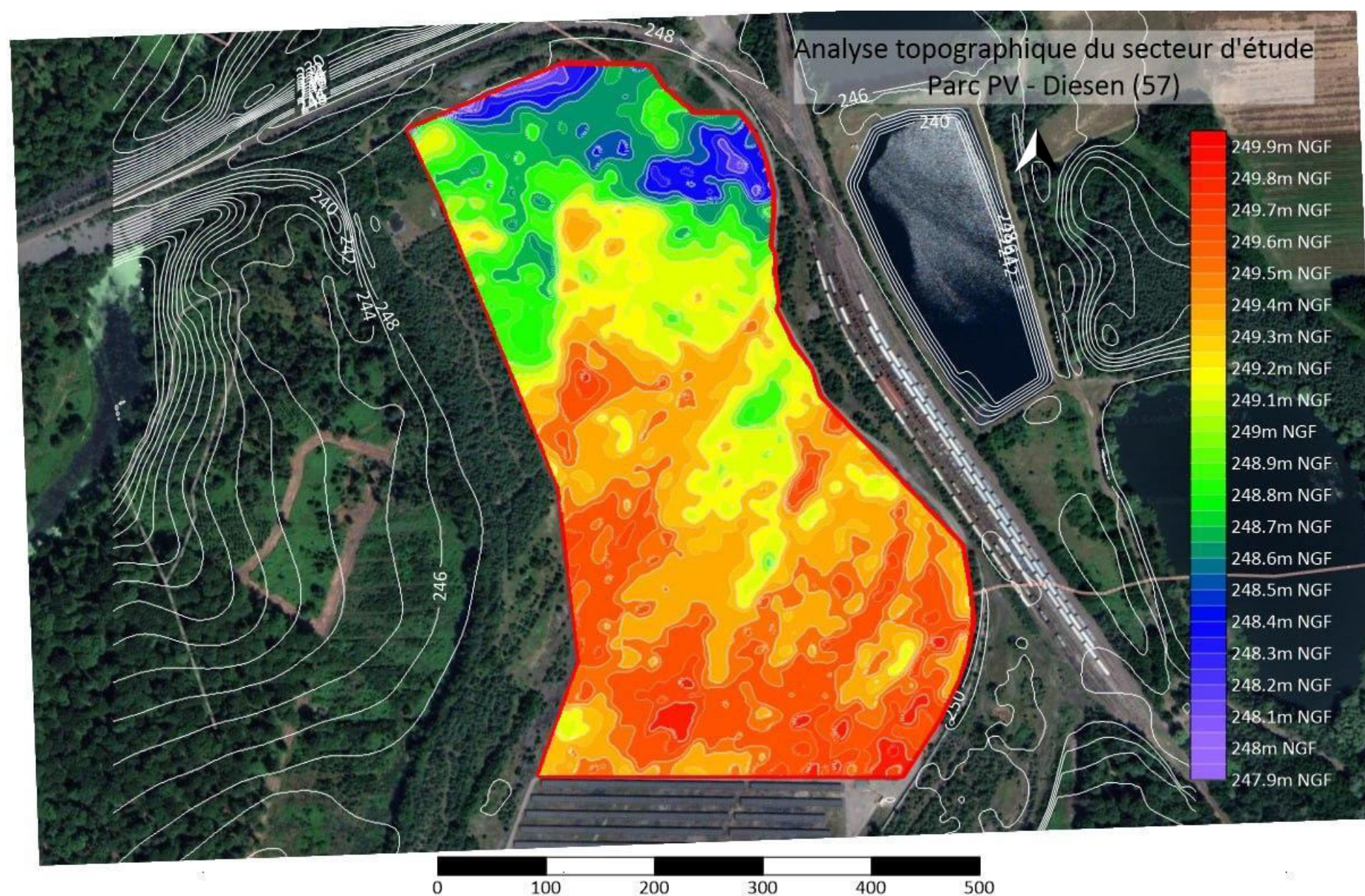


Figure 14 : Maillage du modèle – SURFER – ECR Environnement

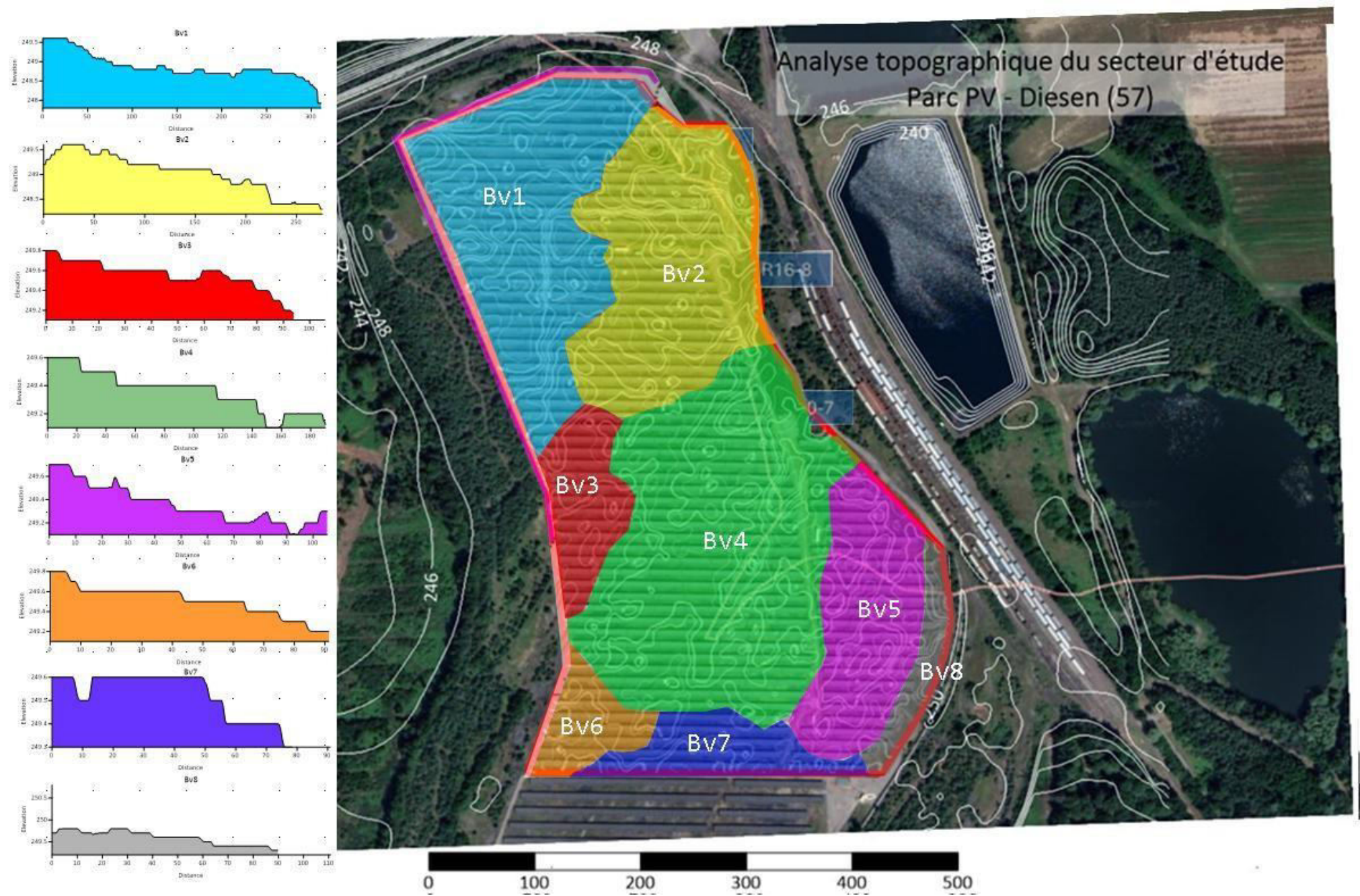


Figure 15 : Délimitation et caractérisation des bassins versants - SURFER - ECR Environnement

Tableau 3 : Caractéristiques des bassins versants

Bassin versant	Code couleur	Surface (m²)	Longueur hydraulique (m)	Dénivelé (m)	Pente (%)
Bv1		35340	320	1.8	0.6
Bv2		34290	276	2.5	0.8
Bv3		12900	93	0.6	0.6
Bv4		69780	191	0.7	0.4
Bv5		22850	110	0.8	0.7
Bv6		6550	93	0.8	0.9
Bv7		6790	80	0.3	0.4
Bv8		4830	91	0.5	0.5

4.4. Analyse hydrologique

À la suite de l'analyse topographique ayant permis de caractériser la morphologie générale du secteur d'étude et d'identifier les entités de relief majeures, une analyse hydrologique a été menée afin de modéliser les écoulements de surface à l'échelle des bassins versants identifiés. Cette étape vise à comprendre comment l'eau de pluie ruisselle sur le terrain naturel en fonction de la pente, de l'orientation du relief et des zones d'accumulation. L'objectif est de déterminer, pour chaque bassin versant, les trajectoires préférentielles de ruissellement et les débits pluviaux potentiels atteignant les exutoires lors de différents scénarios météorologiques.

Cette approche est essentielle pour évaluer les contraintes hydrauliques du site, anticiper les risques liés au ruissellement et définir les besoins en matière de gestion des eaux pluviales. Elle repose sur une modélisation hydrologique spatialisée à partir d'un **Modèle Numérique de Terrain (MNT)**, élaboré précédemment. Le MNT constitue un support rasterisé en grille régulière, où chaque cellule représente une valeur altimétrique moyenne. Cette représentation altimétrique est utilisée pour calculer les directions d'écoulement à l'aide du **modèle D8**, également appelé *Eight Directions Model*.

Ce modèle hydrologique repose sur un algorithme qui attribue à chaque cellule du MNT une direction d'écoulement unique vers l'un de ses huit voisins adjacents, en fonction de la pente descendante la plus marquée. Le principe de fonctionnement du modèle D8 est illustré dans la **Figure 14 ci-dessous**.

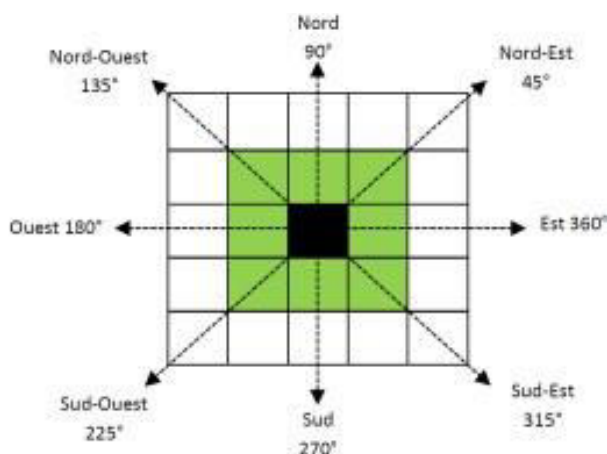


Figure 16 : Principe de fonctionnement du modèle D8

Dans ce schéma, la cellule centrale (en noir) représente la position sur laquelle une goutte d'eau virtuelle vient se déposer. Les huit cellules adjacentes (en vert) correspondent aux directions cardinales et diagonales possibles : Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est, Sud, etc. Le modèle calcule la pente entre la cellule centrale et chacune de ses voisines, puis sélectionne la direction présentant la dénivellation la plus forte vers le bas. Le cheminement de l'eau est donc modélisé de manière strictement unidirectionnelle, bien que dans la réalité, des flux multiples puissent coexister. Ce principe permet de simuler efficacement les trajectoires théoriques du ruissellement sur la base du relief seul. L'accumulation des flux en aval de chaque cellule met en évidence des zones préférentielles d'écoulement, des

thalwegs, et des lignes de concentration hydrologique. Ces éléments sont essentiels pour comprendre comment l'eau circule en surface, où elle tend à se concentrer, et quelles zones peuvent potentiellement être soumises à des flux plus intenses.

L'application du modèle D8 au Modèle Numérique de Terrain (MNT) du secteur d'étude a ainsi permis de générer une cartographie des écoulements et des structures de drainage de surface. En identifiant les points bas naturels et les zones d'accumulation, il devient possible d'évaluer les itinéraires d'écoulement depuis les points hauts du terrain jusqu'aux exutoires. Cette information est cruciale pour la prévision des volumes ruisselés, l'analyse des risques localisés et la conception de dispositifs de gestion des eaux pluviales.

Par ailleurs, l'analyse a mis en évidence l'existence d'apports hydriques provenant de zones situées en amont du périmètre étudié. Ces écoulements extérieurs, en cas de forte pluie, peuvent avoir une incidence significative sur les flux entrant dans le secteur, notamment en contribuant à la surcharge des réseaux ou à l'émergence de phénomènes localisés d'inondation. Leur prise en compte permet d'ajuster les scénarios de précipitations simulés pour mieux dimensionner les ouvrages de régulation, de rétention ou de déviation.

Les résultats de la modélisation sont présentés dans les figures 15 à 19, qui retracent les principales étapes de l'analyse : calcul des pentes, simulation des directions de flux, cartographie des zones d'accumulation et tracé des principaux thalwegs. Le Tableau 3 regroupe quant à lui les paramètres physiques caractéristiques du réseau d'écoulement identifié (longueurs de talweg, pentes moyennes, surfaces drainées, etc.) ainsi que les débits de pointe estimés pour plusieurs hypothèses de précipitations.



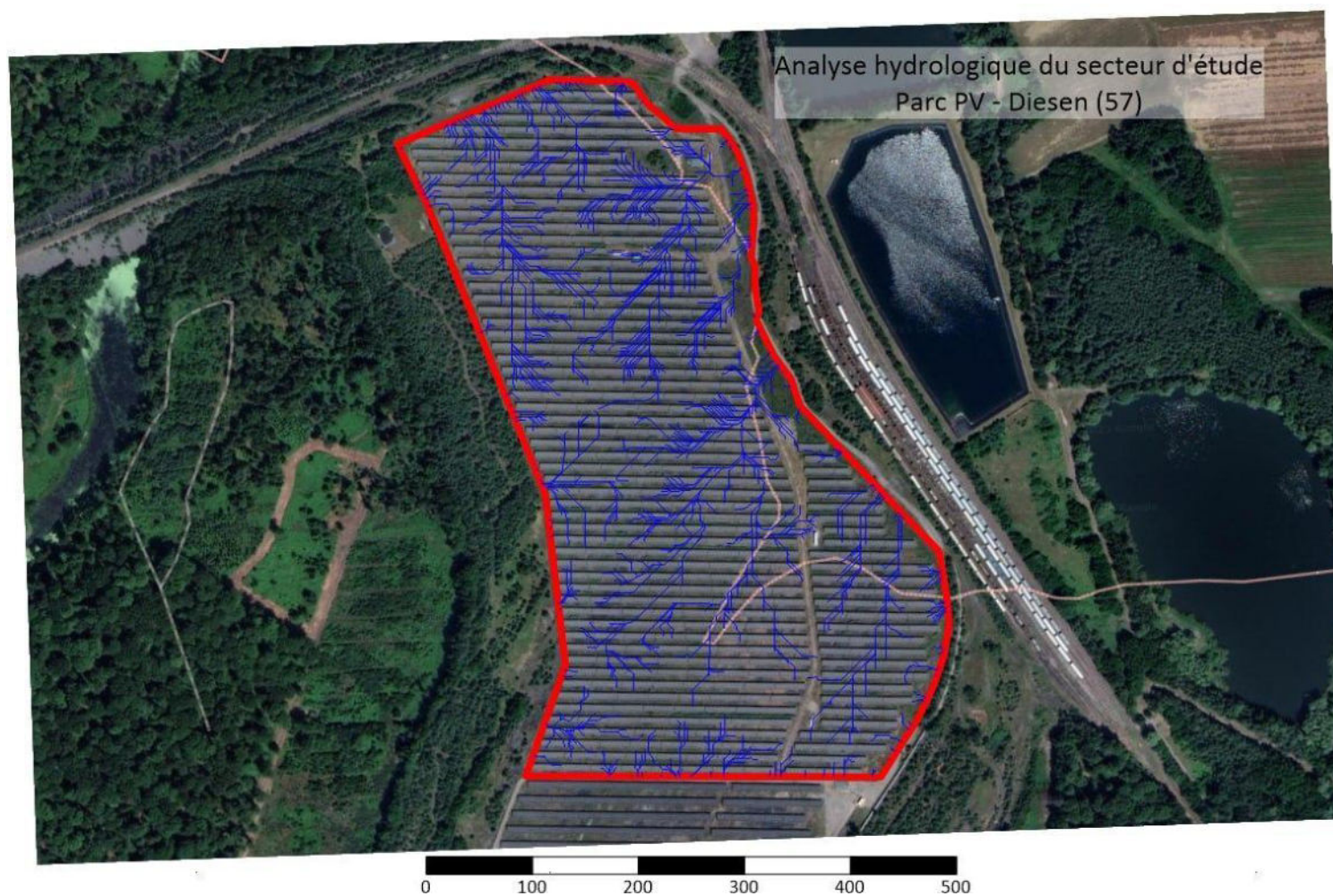


Figure 17 : Extraction du réseau hydrographique théorique – ECR Environnement

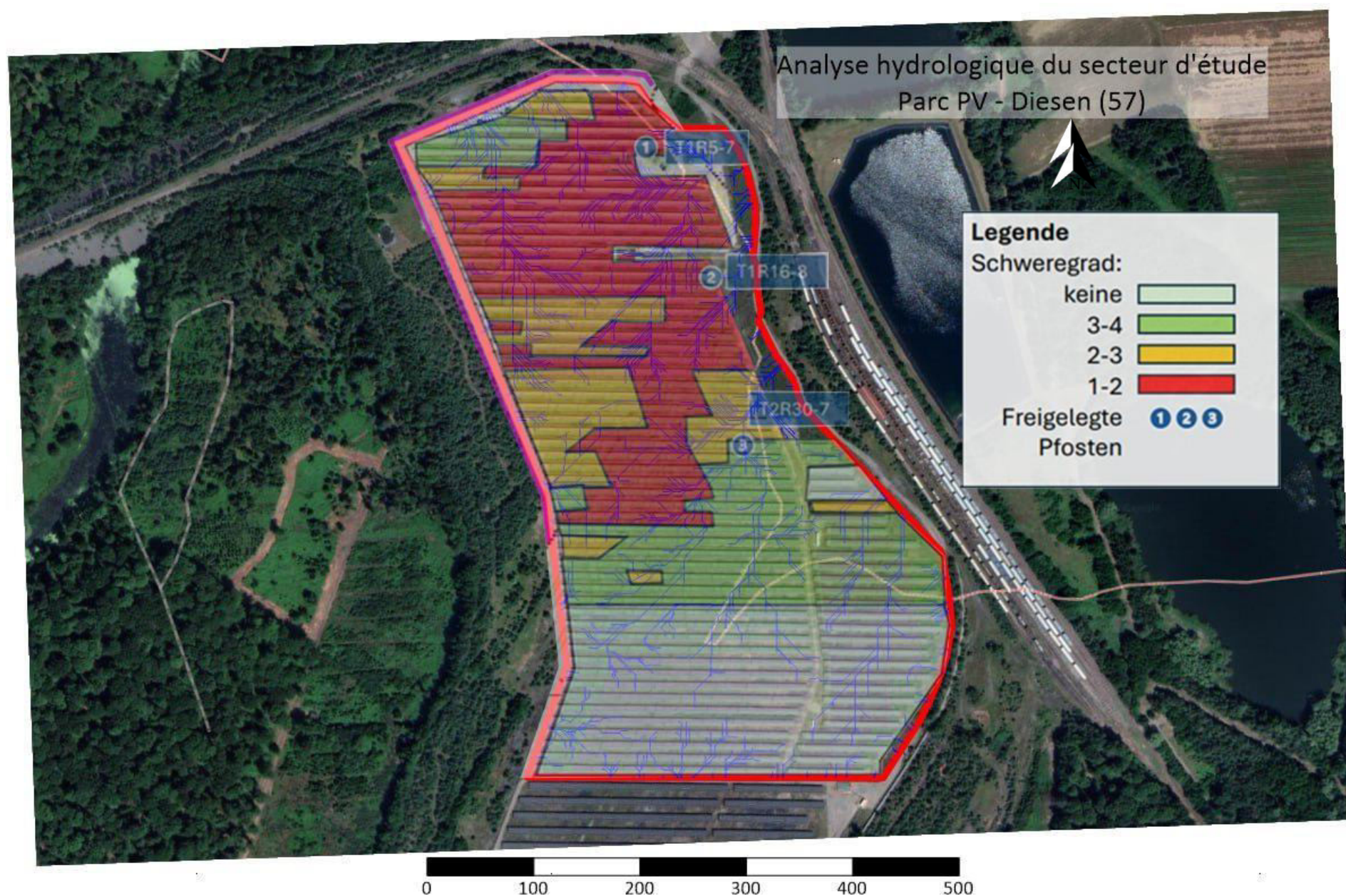


Figure 18 : Extraction du réseau hydrographique corrélée aux zones de dommages observés – ECR Environnement

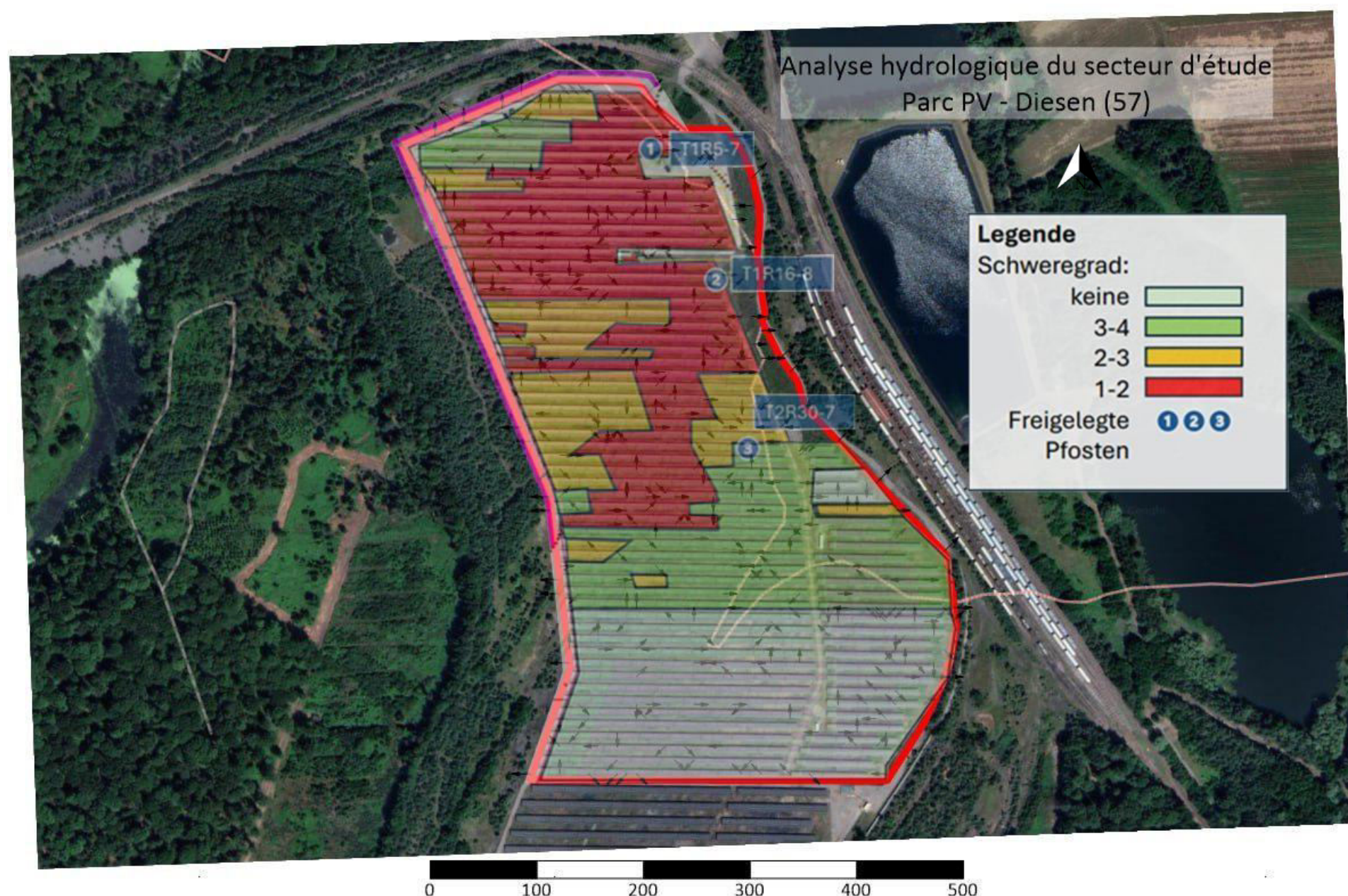


Figure 19 : Sens des écoulements corrélée aux zones de dommages observés - ECR Environnement

4.5. Synthèse sur le comportement des écoulements

Les analyses topographiques et hydrologiques réalisées sur le parc photovoltaïque mettent en évidence plusieurs éléments clés pour comprendre la dynamique des eaux de surface et les désordres observés sur site.

1. Orientation générale des écoulements

L'écoulement suit globalement une direction sud → nord, conformément à la pente naturelle du terrain. Toutefois, les différences de dénivelés sont très faibles (inférieures à 1 %), ce qui limite l'efficacité de l'écoulement gravitaire et ralentit l'évacuation des eaux pluviales.

2. Zones de concentration et de stagnation

La modélisation met en évidence une densité d'écoulements plus importante dans la partie nord du site, où se situent également les désordres les plus marqués (mise à nu et corrosion des pieux). Ces phénomènes s'expliquent par :

- la convergence de plusieurs sous-bassins versants en aval,
- l'existence de micro-reliefs formant localement des cuvettes fermées,
- la faible capacité d'infiltration des remblais fins et argileux, confirmée par les sondages géotechniques.

Ces conditions favorisent l'apparition de zones d'accumulation temporaire d'eau, sans exutoire naturel fonctionnel, entraînant un engorgement localisé.

3. Impact de l'hétérogénéité des sols

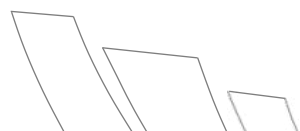
Les remblais d'origine industrielle présentent une grande variabilité latérale :

- certaines zones compactes, riches en blocs, résistent à l'infiltration et accentuent le ruissellement superficiel,
- d'autres horizons, fins et argileux, retiennent l'eau et se saturent rapidement.

Cette hétérogénéité accentue la discontinuité des écoulements : certains flux se concentrent, d'autres se dispersent ou s'arrêtent, générant des stagnations.

4. Conséquences sur les fondations

L'eau stagnante au pied des structures métalliques est le principal facteur de corrosion des pieux observée sur site. Les phénomènes de lessivage et de tassement différentiel aggravent localement la situation, en exposant davantage les pieux à l'humidité.



5. Zones prioritaires d'intervention

Les cartes de modélisation et les observations de terrain convergent pour désigner comme prioritaires :

- la partie nord du site (point bas cumulé) ;
- les tables photovoltaïques situées dans les bassins versants 1 et 2, où l'orientation des rangées suit la pente et favorise l'écoulement concentré ;
- les micro-dépressions identifiées comme cuvettes fermées, incapables d'évacuer l'eau.

La dynamique hydrologique du parc de Diesen est caractérisée par un ruissellement globalement orienté du sud vers le nord, mais fortement perturbé par la très faible pente, la microtopographie hétérogène et la nature des remblais. Ces conditions conduisent à la formation de zones de concentration et de stagnation d'eau, responsables des désordres sur les fondations.

La gestion hydraulique du site doit donc viser deux objectifs complémentaires :

- **assurer la transparence hydraulique** en créant des cheminements continus pour les flux d'eau ;
- **supprimer ou atténuer les zones de stagnation** par des dispositifs de drainage et d'amélioration de l'infiltration.

La priorisation des interventions sur les zones les plus sensibles (nord du site et bassins versants 1 et 2) permettra de limiter efficacement les risques de corrosion et d'assurer la pérennité des installations.

5. SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LIMITER LA STAGNATION D'EAU ET LA CORROSION DES PIEDS DE TABLES

L'analyse hydrologique et les observations de terrain ont mis en évidence que les phénomènes de stagnation d'eau concernent principalement les bassins versants 1 et 2, zones où les écoulements convergent et où le réseau théorique est plus développé. Cette configuration, associée à la faible pente générale du site et à l'hétérogénéité des remblais, explique l'apparition de cuvettes fermées, de zones d'engorgement et, par conséquent, la corrosion des pieux métalliques.

5.1. Hypothèses de dimensionnement

Le dimensionnement des ouvrages proposés repose sur des hypothèses hydrologiques issues de la station pluviométrique de Metz-Frescaty (Météo-France). Les intensités de pluie de projet sont calculées à l'aide de la loi de Montana, selon la relation :

$$I = \frac{a}{(t + b)^n}$$



où I est l'intensité de pluie (mm/h), t la durée de l'averse (min), et a, b, n les coefficients de Montana fournis pour la station de référence.

Les bassins 1 et 2 constituent les surfaces contributives principales. Pour traduire leur comportement hydraulique, un coefficient de ruissellement est appliqué, dépendant de la perméabilité des sols, du couvert végétal et du compactage lié aux aménagements. La méthode retenue repose sur la formule rationnelle :

$$Q = C \times I \times S$$

où Q est le débit théorique, C le coefficient de ruissellement, I l'intensité issue de Montana et S la surface du bassin. Cette démarche permet de vérifier la cohérence entre les apports générés et la capacité des drains envisagés, et oriente les choix de dimensionnement en termes de diamètre, espacement et pente des conduites.

Les débits de pointe pour chaque bassin versants sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Débits de pointe avant aménagement

Bassin versant	Code couleur	Débit de pointe Qp30 ans (L/s)
Bv1		124.9
Bv2		129.9
Bv3		60.1
Bv4		210.8
Bv5		98.3
Bv6		36.0
Bv7		31.9
Bv8		25.5

5.2. Solutions techniques envisagées

Différentes mesures ont été étudiées pour améliorer le fonctionnement hydraulique du site et limiter la corrosion des pieux. Le tableau suivant synthétise leurs principes, avantages, limites et priorités de mise en œuvre.

Tableau 5 : Liste des solutions techniques proposées

Solution technique	Principe	Avantages	Limites	Priorité	Évaluation globale
Micro-drainage localisé	Pose de drains perforés peu profonds dans les points bas (BV1 et BV2)	Évacuation rapide des eaux stagnantes ; intervention ciblée et efficace	Dépendance à un exutoire fonctionnel ; nécessite entretien périodique	Moyenne priorité	++



Solution technique	Principe	Avantages	Limites	Priorité	Évaluation globale
Reprofilage microtopographique	Suppression des cuvettes fermées, création d'une pente douce ($\geq 1\%$)	Solution simple et durable ; supprime la cause directe de la stagnation	Risque de déplacer la stagnation si mal exécuté	Haute priorité	++
Noues végétalisées	Aménagement de rigoles engazonnées dans les axes d'écoulement	Intégration paysagère ; entretien limité ; améliore la filtration des particules	Risque de colmatage si l'entretien est négligé	Moyenne priorité	++
Remplacement ciblé des remblais	Substitution des horizons argileux au pied des pieux par du gravier drainant	Réduction directe de la stagnation au pied des structures ; améliore l'infiltration locale	Opération manuelle lourde ; risque de fragiliser les pieux lors de l'intervention	Moyenne priorité	+
Amendement superficiel généralisé	Incorporation de matériaux grossiers dans les sols compactés	Améliore la perméabilité sur de grandes surfaces ; réduit la saturation globale	Coût élevé en matériaux ; impact sur de larges surfaces	Long terme	-
Gaines ou manchons de protection	Pose de manchons PEHD ou thermorétractables sur les pieux	Protection mécanique et durable contre l'humidité	Mise en œuvre délicate en site exploité	Haute priorité	+
Revêtements anticorrosion	Application de systèmes anticorrosion (zinc + époxy/polyuréthane)	Prolonge la durée de vie des pieux ; mise en œuvre simple	Doit être renouvelé régulièrement (tous les 5 à 10 ans)	Haute priorité	++
Bassins de rétention/infiltration	Création de bassins en aval des BV1 et BV2	Régule les volumes pluviaux ; favorise infiltration lente	Emprise foncière importante ; entretien nécessaire	Long terme	+
Merlons de dissipation	Petits ouvrages en pierres ralentissant les écoulements	Simple, peu coûteux, réduit l'érosion	Efficacité limitée en cas de fortes pluies ; entretien régulier nécessaire	Moyenne priorité	+
Puits d'infiltration	Creusement de puits verticaux remplis de matériaux drainants pour évacuer l'eau vers des couches plus perméables	Permet d'éliminer les stagnations profondes ; solution durable en terrain plat	Nécessite un sol perméable en profondeur ; coût plus élevé ; suivi régulier	Haute priorité	++

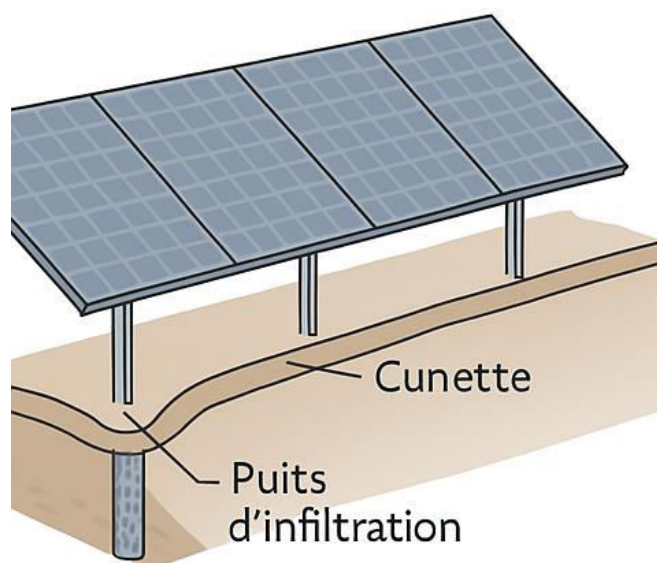


5.3. Solution retenue par le mandant

À l'issue de l'analyse multicritères et des échanges techniques, le mandant a retenu une solution combinée visant à restaurer la fonctionnalité hydraulique du site et à protéger durablement les pieux métalliques des phénomènes de corrosion induits par la stagnation prolongée des eaux pluviales.

Cette stratégie repose sur un dispositif intégré d'assainissement gravitaire et d'infiltration maîtrisée, structuré autour de trois composantes principales comme l'illustre le schéma ci-après :

- un reprofilage microtopographique localisé, destiné à effacer les cuvettes fermées et à rétablir des pentes régulières (0,5 à 1 %) ;
- la création de cunettes longitudinales en pied aval des tables, jouant le rôle de collecteurs primaires des écoulements ;
- la mise en place d'ouvrages ponctuels d'infiltration verticale (puits) aux points bas, complétés par un exutoire linéaire perpendiculaire (tranchée drainante à l'est de la centrale) assurant une fonction de délestage en cas de surcharge hydraulique.



Reprofilage microtopographique

Le reprofilage constitue la première étape du dispositif. Il consiste en une remise en forme ciblée des micro-reliefs dans les interrangs et en périphérie des tables, sans intervention au droit des pieux (recul minimal de 0,50 m afin de préserver la stabilité structurale).

L'opération vise à supprimer les points bas fermés responsables de la stagnation et à instaurer une pente



hydraulique continue comprise entre 0,5 et 1,0 %. La mise en œuvre s'effectue par rabotage des points hauts et/ou apport de matériaux granulaires drainants dans les dépressions. Les matériaux sont déployés en couches fines (10 à 15 cm) et légèrement compactés, de manière à stabiliser le profil sans obstruer la perméabilité superficielle.

Le critère de réception est explicite : après un épisode pluvieux, aucune nappe d'eau résiduelle ne doit subsister au-delà de 24 à 48 heures.

Cunettes longitudinales

Les cunettes constituent la trame de collecte de surface. Elles sont implantées en pied aval des tables, parallèlement aux rangées, avec un recul minimal de 0,50 m vis-à-vis des pieux.

Leur profil est de type trapézoïdal (largeur de fond 0,20 à 0,30 m, profondeur 0,15 à 0,25 m, talus 2H/1V) et leur pente longitudinale est maintenue entre 0,5 et 1,0 %, afin de garantir un écoulement gravitaire permanent.

En approche immédiate des puits, les cunettes sont traitées en section drainante (lit de granulats 10/20 disposé sur géotextile filtrant sur 3 à 5 m) afin de réduire les risques de colmatage. Les entrées de puits sont par ailleurs protégées par un matelas en granulats 20/40 sur environ un mètre, jouant le rôle de dispositif anti-érosion.

Puits d'infiltration

Les puits constituent les ouvrages ponctuels d'infiltration verticale. Ils sont implantés aux points bas des cunettes, avec un espacement typique de 30 à 50 m selon la longueur des rangées et les résultats des essais de perméabilité in situ.

Chaque puits est réalisé par forage de Ø 0,8 à 1,2 m sur 2,5 m de profondeur, jusqu'à atteindre un horizon plus perméable. Le remplissage est constitué de granulats 40/80 (porosité ~0,35–0,40) avec une transition en 10/20 en partie supérieure, le tout enveloppé d'un géotextile filtrant à ouverture contrôlée ($O_{90} \approx 0,1\text{--}0,2\text{ mm}$).

En tête, un regard Ø 600 est installé, équipé d'un panier décanteur amovible et d'un orifice de surverse raccordé à la tranchée drainante est.

Dans le cas de rangées particulièrement longues (ex. surface contributive 1 960 m²), chaque puits peut être complété par une galerie drainante courte (5 à 10 m en DN160–200 perforé, lit sable + massif drainant sous géotextile) afin d'augmenter la surface d'infiltration et d'accélérer la désaturation hydraulique.

Tranchée drainante perpendiculaire (Est)

La tranchée drainante assure la fonction d'exutoire de sécurité en cas de surcharge ou de faible perméabilité des horizons traversés. Elle est tracée perpendiculairement aux rangées, en limite est de la centrale, de manière à intercepter et infiltrer les surverses.



Elle présente une section de 0,40 à 0,60 m de largeur pour 0,60 à 1,0 m de profondeur, avec une pente longitudinale comprise entre 0,5 et 1,0 %. Elle intègre une conduite PEHD DN160–200 perforée posée sur lit de sable 0/4, entourée d'un massif drainant (20/40 puis 40/80) sous enveloppe géotextile continue, et recouverte de terre végétale engazonnée.

Des regards de visite ($\varnothing$ 600) sont implantés tous les 40 à 60 m ainsi qu'aux changements d'axe, afin de garantir la maintenabilité du dispositif.

Contrôles et entretien

Le dispositif doit faire l'objet d'un suivi régulier :

- À la réception : contrôle altimétrique des pentes (tolérance $\pm 0,1$ %) et test hydraulique (arrosage ou pluie naturelle).
- Exploitation : inspection après chaque événement pluvieux majeur la première année, puis à fréquence trimestrielle. Les paniers décanteurs doivent être curés, les cunettes désherbées et la tranchée est vérifiée annuellement.
-

L'objectif de performance demeure inchangé : aucune stagnation persistante au-delà de 48 heures.

Exemple d'application à une rangée contributive de 1 960 m²

Pour une rangée présentant une surface contributive de 1 960 m², le volume généré par un orage de 30 mm est de l'ordre de 59 m³, avec un débit de pointe estimé à environ 50 L/s.

La cunette trapézoïdale ($b = 0,25$ m, $y = 0,20$ m, pente 1 %) permet d'acheminer ce débit vers un puits d'infiltration de $\varnothing$ 1,0 à 1,2 m et 3 m de profondeur. Ce dernier est complété par une galerie drainante de 5 à 10 m et équipé d'une surverse vers la tranchée Est, garantissant ainsi la robustesse hydraulique même lors d'épisodes pluvieux intenses.

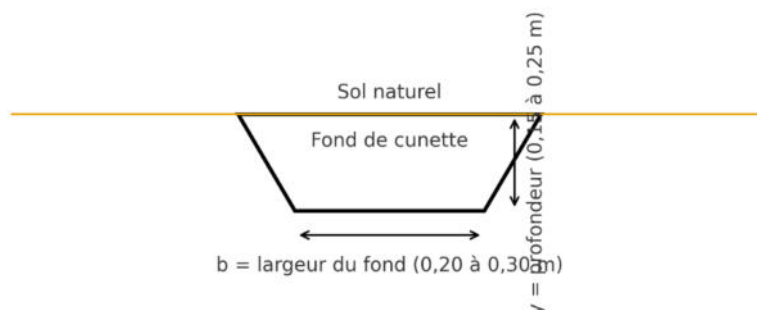


Figure 20 : Coupe transversale de la cunette - ECR Environnement



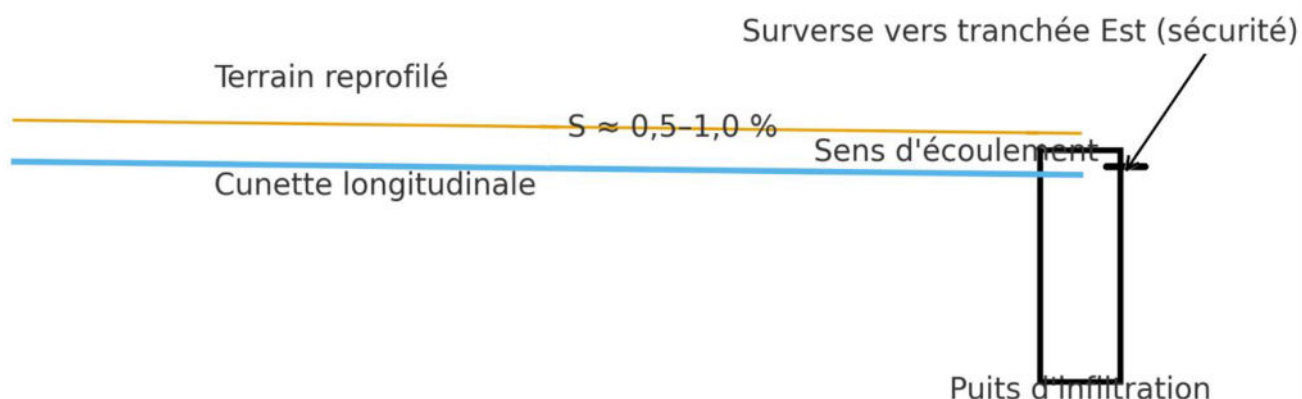


Figure 20 : Coupe transversale de la cunette - ECR Environnement

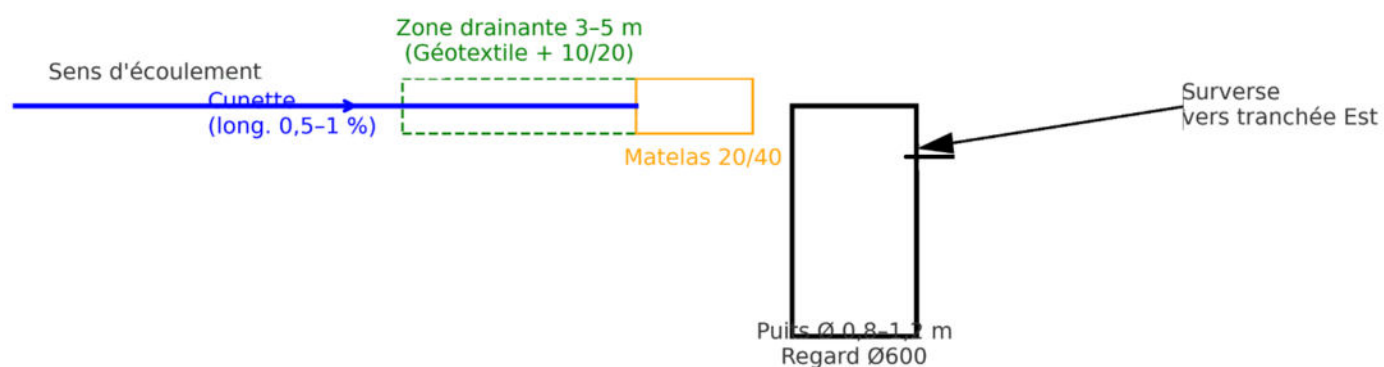


Figure 21 : Figure 20 : Coupe longitudinale de la cunette à l'approche du puits - ECR Environnement

Bénéfices attendus

La mise en œuvre de cette solution intégrée permet de :

- supprimer les stagnations observées dans les bassins versants sensibles (BV1 et BV2) ;
- réduire drastiquement le temps de contact eau/métal au droit des pieux ;
- renforcer la résilience hydraulique du site grâce à l'exutoire de sécurité ;
- prolonger la durée de vie des structures et réduire les coûts de maintenance futurs.

6. ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DES OUVRAGES

La pérennité du dispositif repose sur un entretien régulier et adapté. Les drains superficiels sont sensibles au colmatage par les particules fines et au développement de la végétation, il est donc nécessaire de mettre en place un plan de suivi simple mais rigoureux.

Une inspection visuelle est recommandée après chaque pluie significative lors de la première année, afin de vérifier l'absence de stagnation persistante et le bon écoulement dans les regards aval. Par la suite, une fréquence trimestrielle suffit, avec un contrôle renforcé à la fin de la saison pluvieuse.

Les regards de visite doivent être accessibles en permanence pour permettre un curage ponctuel à l'aide d'un jet d'eau sous pression ou d'une buse adaptée en cas d'obstruction. La végétation couvrant les drains doit être fauchée deux fois par an pour éviter l'enracinement profond et conserver la perméabilité du sol en surface.

Enfin, un bilan annuel peut être consigné dans le registre d'exploitation du site : état des drains, observations de stagnation éventuelle, interventions réalisées. Cette traçabilité permet d'ajuster la fréquence de maintenance et de planifier, si nécessaire, le renforcement local du dispositif par l'ajout d'une branche supplémentaire.

7. CONCLUSION

Les investigations menées sur le site ont permis d'identifier les mécanismes responsables des stagnations d'eau et des désordres associés au niveau des pieux métalliques. L'analyse multicritères et les échanges techniques ont conduit à retenir une solution combinée intégrant le reprofilage microtopographique, la mise en place de cunettes longitudinales, l'implantation de puits d'infiltration et la création d'une tranchée drainante de sécurité.

Cette approche présente plusieurs atouts majeurs :

- elle supprime les cuvettes fermées et restaure une pente hydraulique fonctionnelle,
- elle organise et canalise les écoulements par des cunettes régulièrement entretenues,
- elle favorise une infiltration rapide et localisée par les puits,
- elle garantit une sécurité hydraulique lors d'épisodes pluvieux intenses grâce à la tranchée Est,
- elle contribue à réduire drastiquement le temps de contact eau/métal et à allonger la durée de vie des pieux.

L'ensemble constitue un dispositif cohérent, robuste et adaptable, dont la mise en œuvre doit être accompagnée de contrôles topographiques rigoureux et d'un entretien régulier (curage des paniers, inspection des cunettes et des regards).

En conclusion, la solution retenue permettra de répondre durablement aux problématiques de stagnation et de corrosion observées, tout en assurant une gestion maîtrisée des eaux pluviales à l'échelle de la centrale. Elle représente un investissement préventif et pérenne, garantissant à la fois la fiabilité structurelle de l'installation et la maîtrise des coûts de maintenance futurs.



Annexe 1

Données BSS



PIEZOMÉTRIE - MESURES SPORADIQUES

Au-delà de 3 mesures par an,
utiliser les bordereaux Mod. BSS/ INF - n° 7 et 8.

COMMUNE: PORCELETTE

ADRESSE OU LIEU-DIT: FORAGE H.B.L. 236

X: 916.43 Y: 172.14 NAPPE: GRES VOSGIEN

Feuille 1/50000

BOULAY

Indice de classement

0	1	3	9	7	x	0	0	3	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Désignation ouvrage

[illegible]

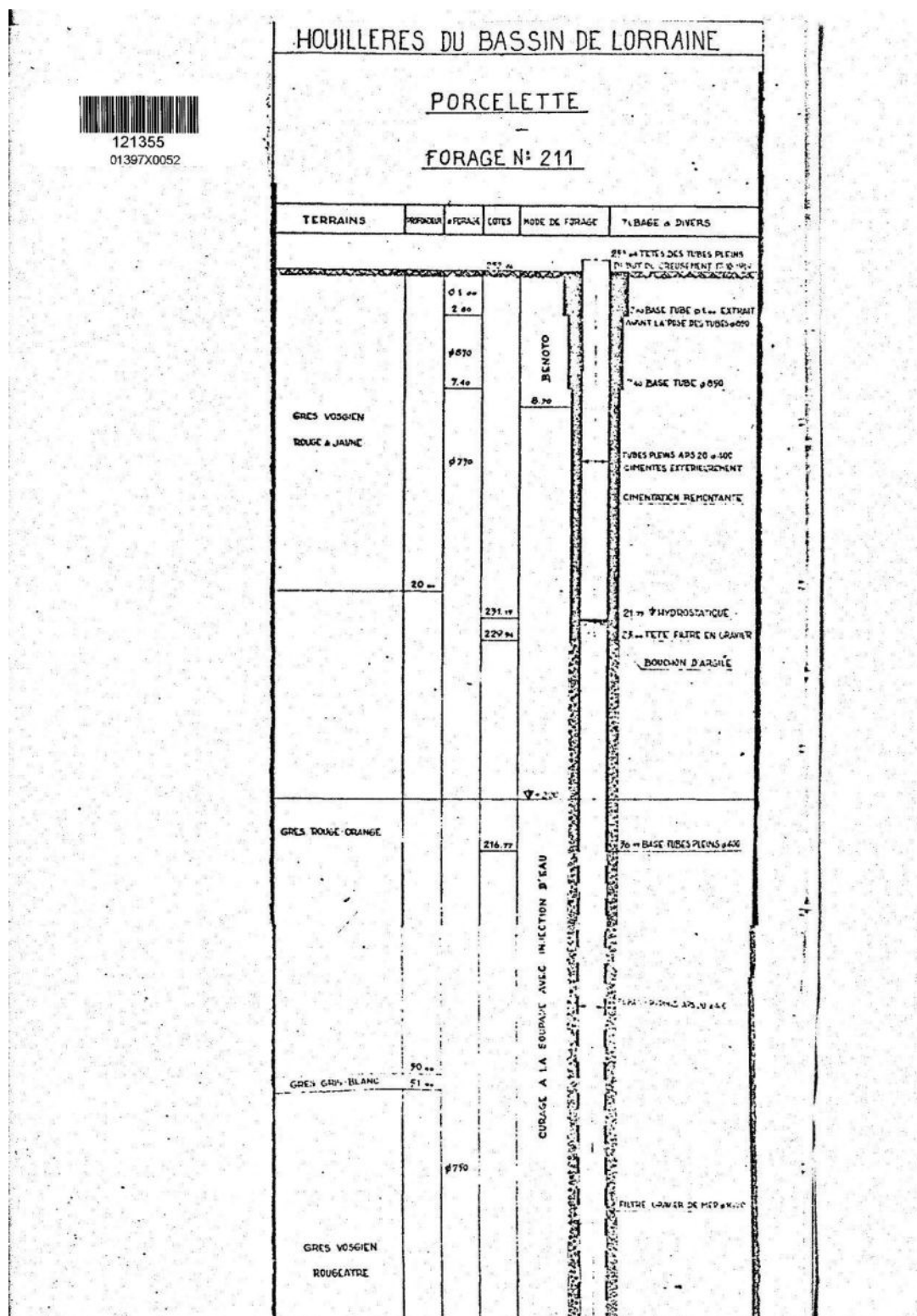
N° de charnière

0007

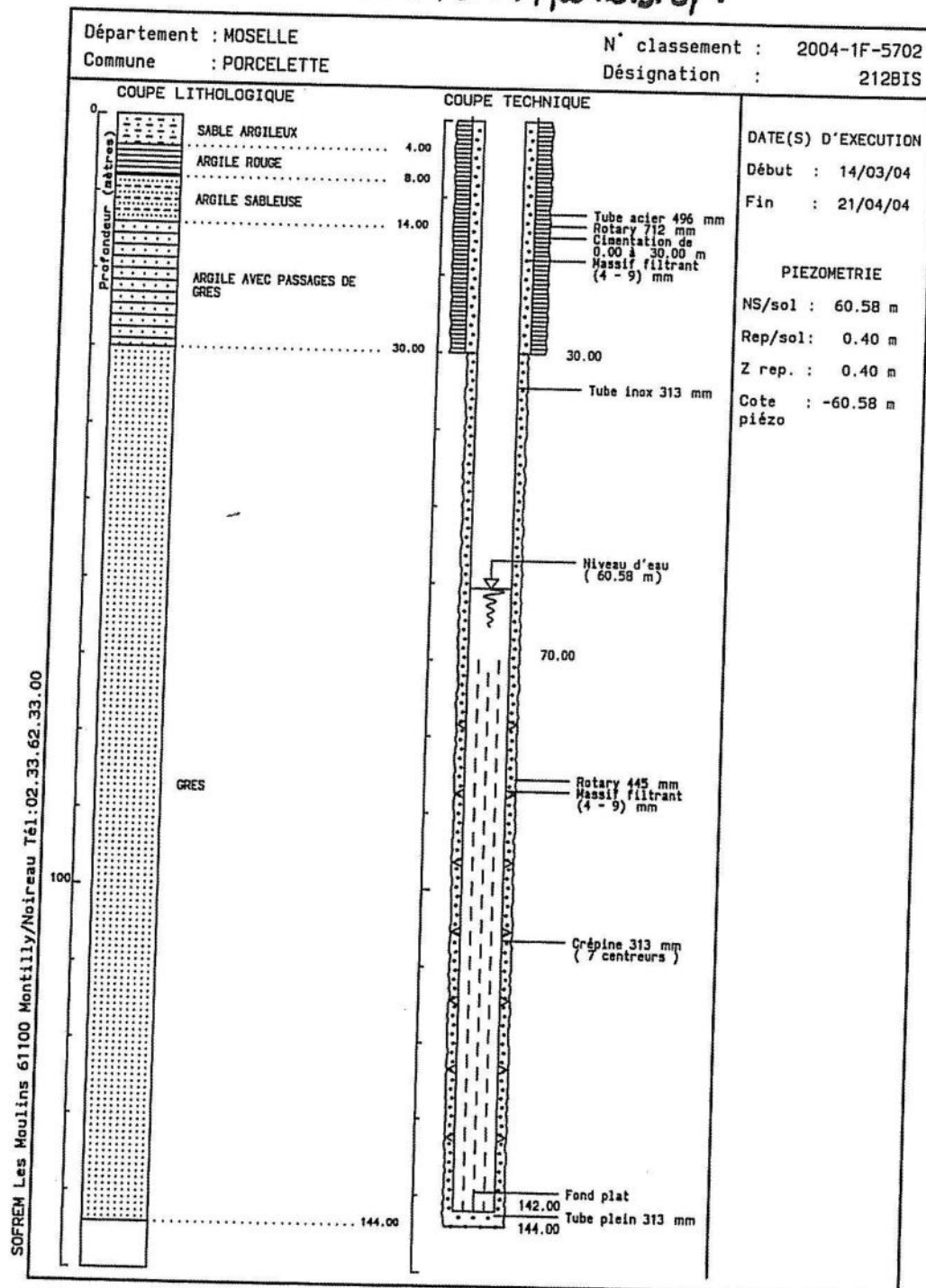
[illegible]

(1) NAT = naturel; DYN = dynamique (en cours de pompage); INF = influencé (niveau mesuré après pompage).

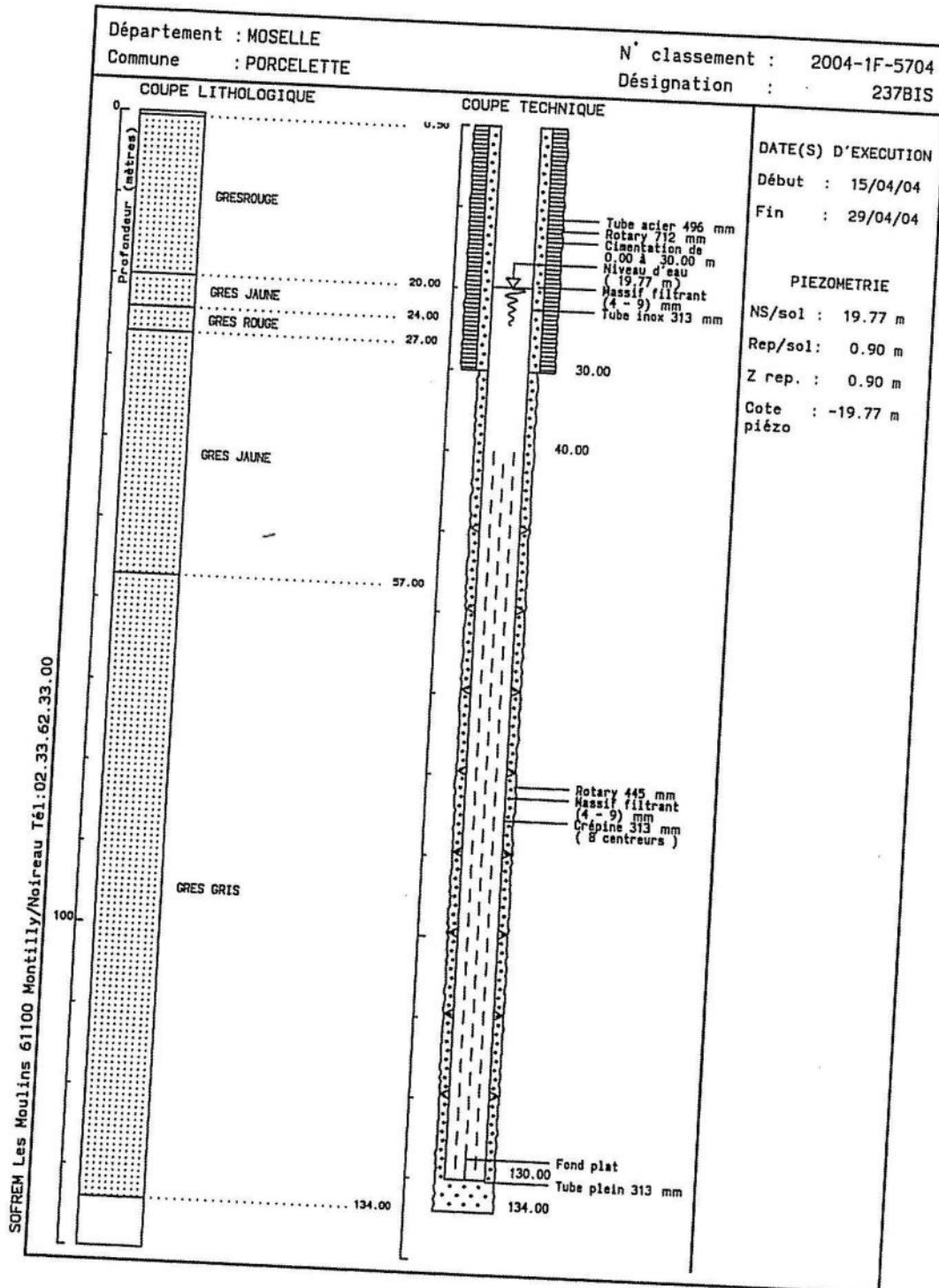
Mod BSG/NE n° 12

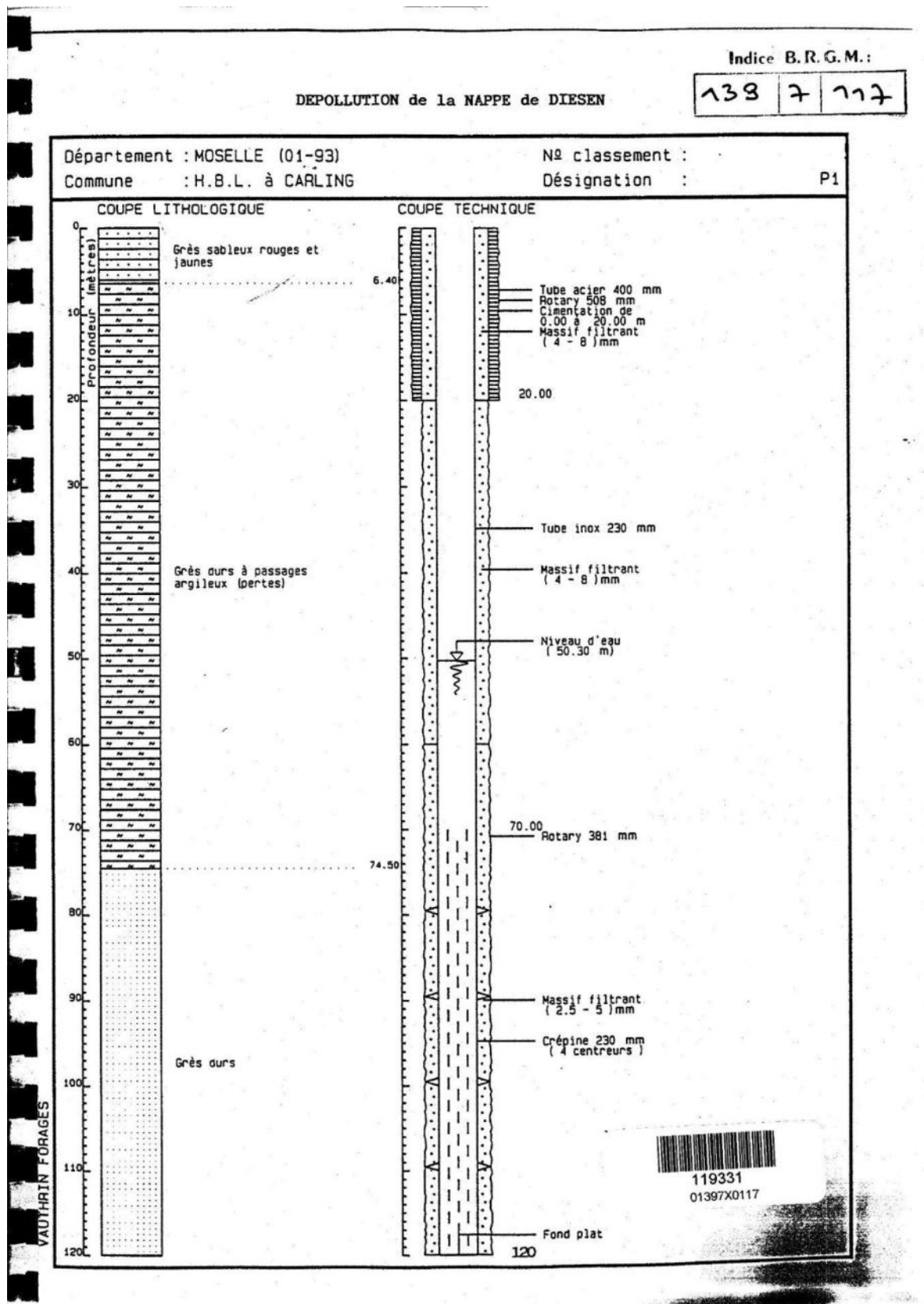


01397x 0144/212Bis/T



01397X0146/237Bis/T





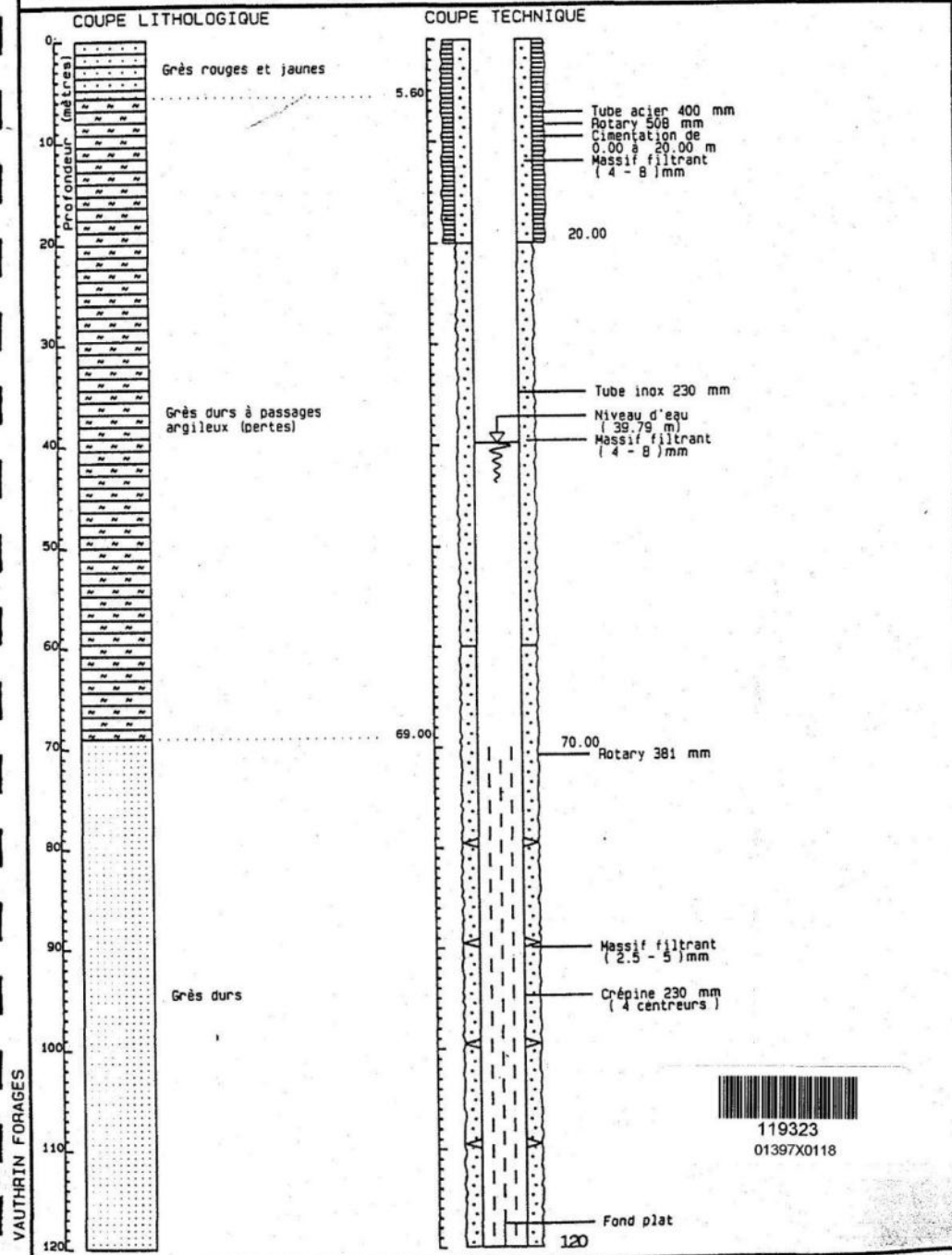
DEPOLLUTION de la NAPPE de DIESEN

Indice, B. R. G. M.:

139 7 118

Département : MOSELLE (01-02/93)
Commune : H.B.L. à CARLING

N° classement :
Désignation : P2



DEPOLLUTION de la NAPPE de DIESEN

133 7 119

Département : MOSELLE
Commune : H.B.L. à CARLING

N° classement :
Désignation : P3

