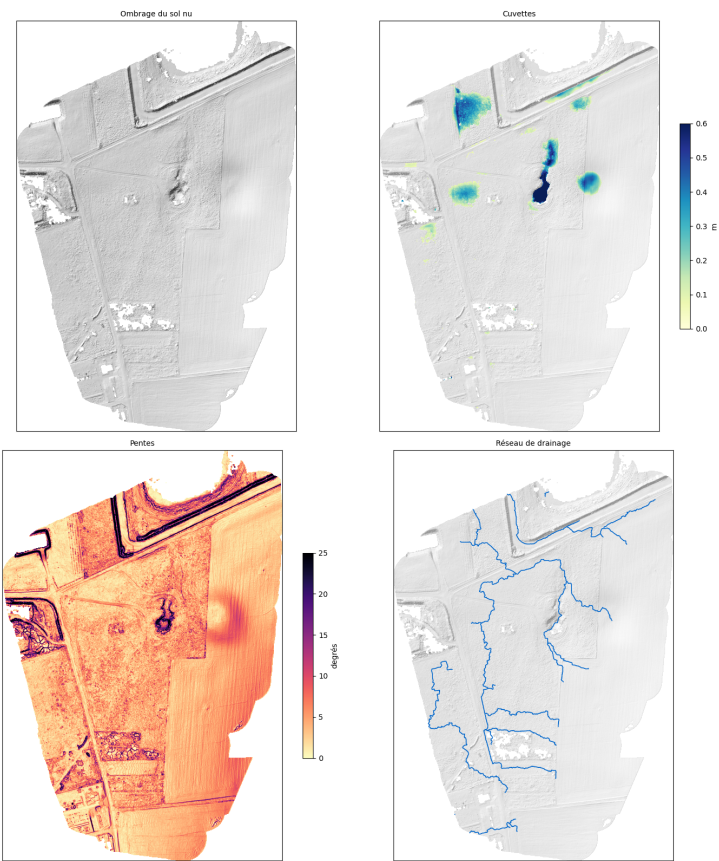


Rapport de mission et de contrôle qualité

Levé topographique par drone LiDAR
Analyses morphologiques et hydrologiques sur parcelle agricole



Ombrage du sol nu, cuvettes, carte des pentes et réseau de drainage extraits du levé des 10 et 11 août 2026.

Maître d'ouvrage	Confidentiel, développeur de centrales photovoltaïques
Prestataire	DRONNIT, marque commerciale de TOPOVISOR SARL
Nature du site	Parcelle agricole bocagère de 4,44 ha, Nouvelle-Aquitaine
Date d'acquisition	10 et 11 août 2026
Date du rapport	14 août 2026
Indice	A, première diffusion
Précision altimétrique	3,5 cm, sur 37 points de contrôle indépendants

1. Objet du document

Le présent document est un **exemple de rapport**, remis en référence à un tiers qui souhaite juger du niveau de détail de nos livrables avant de commander. Les données, les figures et les chiffres sont ceux d'une mission réellement conduite en août 2026. L'identité du maître d'ouvrage, la référence de la commande, la localisation du site et les coordonnées du levé en ont été retirées.

Le rapport rend compte d'un levé LiDAR topographique sur parcelle agricole, décrit la méthodologie mise en œuvre, les paramètres d'acquisition et la chaîne de traitement, et présente le contrôle qualité réalisé sur points de contrôle GNSS indépendants.

Il accompagne les livrables de la commande : nuage de points classifié, modèle numérique de terrain, maillage 3D, analyses morphologiques et hydrologiques.

La précision altimétrique du levé est de 3,5 cm, établie sur 37 points de contrôle GNSS indépendants et corrigée de la dispersion propre du récepteur au sol. Le détail du calcul figure au paragraphe 7.4.

2. Site et emprise levée

Le site est une parcelle agricole bordée de haies et de bosquets. Le marché porte sur **4,44 ha**, périmètre 968 m. L'emprise effectivement levée couvre **15.6 ha**, soit plus du triple, les débords de sécurité du plan de vol ayant été portés au large pour garantir la continuité du modèle jusqu'aux limites du marché. Les engagements de densité et de précision ne portent que sur l'emprise du marché.

2.1 Étendue et référentiel

Les coordonnées absolues du levé sont retirées de cet exemple. Le rapport d'origine porte le rectangle englobant complet, exprimé en RGF93 v1, projection conique conforme de zone, altitudes NGF-IGN69 :

Dimensions du rectangle englobant	387 m sur 566 m
Système planimétrique	RGF93 v1, projection conique conforme de zone
Système altimétrique	NGF-IGN69, grille de conversion RAF18
Dénivelée du terrain naturel	18,3 m, du point bas au point haut

3. Moyens mis en œuvre

3.1 Vecteur et capteur

Aéronef	DJI Matrice 350 RTK
Capteur LiDAR	DJI Zenmuse L1
Technologie	LiDAR à balayage, multi-échos, 3 retours par impulsion
Centrale inertielle	IMU haute précision intégrée au capteur
Caméra RGB	20 Mpx intégrée, colorisation native du nuage
Positionnement	RTK sur réseau de correction, post-traitement de trajectoire
Hauteur de vol	50 m, valeur médiane et déciles confondus sur 2 125 prises de vue

3.2 Moyens de mesure au sol

Récepteur GNSS	Emlid Reach RS2+, multi-constellations
Correction	RTK, solution FIX sur la totalité des points, ligne de base 4,2 à 4,3 km
Précision annoncée par le constructeur	0,010 m en planimétrie comme en altimétrie
Nombre de points de contrôle	38, levés en deux passages

4. Conformité réglementaire et sécurité

La mission a été conduite conformément à la réglementation aérienne applicable aux aéronefs sans équipage à bord. Les pièces justificatives sont conservées par TOPOVISOR SARL et communiquées sur simple demande.

Régime retenu	Catégorie ouverte, sous-catégorie A3
Distance aux zones habitées	150 m à tenir, hameau le plus proche à 191 m du centre de l'emprise
Restrictions UAS	Aucune zone de restriction ne recouvre la parcelle, pas de plafond imposé, pas de notification préfectorale requise
Voie ferrée	Ligne à grande circulation à 66 m du bord ouest, aucun survol, éloignement de 30 m maintenu
ZICAD	Aucune, la plus proche à plus de 20 km
Exploitant déclaré	TOPOVISOR SARL
Assurance RC aérienne	Attestation disponible sur demande

5. Déroulement de la mission

5.1 Chronologie

L'acquisition a mobilisé sept vols répartis sur deux journées, six le 10 août en fin de journée et un le 11 août. La chronologie ci-dessous est reconstituée à partir des horodatages GPS portés par chaque prise de vue.

Vol	Date	Début	Fin	Durée	Prises de vue
1	10/08/2026	15:34	15:52	18 min	410
2	10/08/2026	16:36	16:53	17 min	425
3	10/08/2026	17:16	17:22	6 min	150
4	10/08/2026	17:26	17:31	5 min	122
5	10/08/2026	17:34	17:46	12 min	310
6	10/08/2026	20:03	20:23	20 min	493
7	11/08/2026	14:07	14:15	8 min	215
Total				86 min	2 125

5.2 Paramètres de vol

Hauteur de vol	50 m au-dessus du sol, tenue sans écart mesurable entre les 1er et 9e déciles
Mode de balayage	Répétitif, 3 retours par impulsion
Recouvrement	Deux orientations de vol croisées à 90 degrés, second passage le 11 août
Colorisation	Déclenchement photo actif, 2 125 prises de vue, colorisation native

5.3 Conditions météorologiques

Les relevés ci-dessous portent sur les fenêtres de vol effectives et non sur la journée entière. Aucune précipitation n'est survenue pendant l'acquisition ni dans les jours qui l'ont précédée, ce qui est déterminant pour la lecture des anomalies de réflectance du chapitre 9 : l'état hydrique constaté est celui d'une fin d'épisode chaud et sec.

Fenêtre	Température	Humidité	Vent moyen	Rafales	Nébulosité	Pluie
10/08, 15 h 34 à 20 h 23	31 à 33 °C	28 à 32 %	7 à 12 km/h	27 km/h	2 à 25 %	0,0 mm
11/08, 14 h 07 à 14 h 15	35 °C	25 à 26 %	16 à 17 km/h	36 km/h	16 à 17 %	0,0 mm

Source : réanalyse horaire ERA5 interrogée au droit du site, la commune ne disposant pas de station Météo-France. Les rafales relevées, jusqu'à 36 km/h le 11 août, restent sous la limite d'emploi de l'aéronef.

6. Chaîne de traitement

Le calcul de trajectoire et la construction du nuage colorisé sont réalisés sous DJI Terra. La classification du nuage et les lignes de rupture de pente sont produites en interne. Les modèles numériques, les courbes de niveau, les analyses morphologiques et hydrologiques et les exports CAO sont calculés sous PDAL, GDAL, WhiteboxTools et scikit-image.

Nuage	LAS 1.4, format 8, colorisation et intensité conservées
Système de référence	RGF93 v1, projection conique conforme de zone, altitudes NGF-IGN69, grille RAF18
Modèles numériques	MNT et MNS à 0,25 m, interpolation par pondération inverse à la distance
Maillage	TIN du sol nu à 0,50 m, 443 023 faces, exporté en DXF et LandXML
Lignes de rupture	3 niveaux, 276 polylignes 3D, 7,8 km cumulés, DXF et Shapefile
Hydrologie	Comblement des cuvettes, directions D8, accumulation, réseau hiérarchisé Strahler

7. Contrôle qualité

7.1 Répartition par classe

Classe	Désignation	Nombre de points	Part (%)
1	Non classé	54 403	0.1
2	Sol	22 939 367	58.2
3	Végétation basse	2 186 809	5.5
4	Végétation moyenne	1 255 236	3.2
5	Végétation haute	11 945 754	30.3
6	Bâti	100 758	0.3
9	Eau	185 687	0.5
13	Câble	577 839	1.5
15	Câble de garde	97 987	0.2
24	Classe complémentaire	7 333	0.0
26	Classe complémentaire	52 233	0.1
27	Classe complémentaire	13 307	0.0
Total		39 416 985	100,0

7.2 Densité

Densité médiane, emprise levée	154 points par mètre carré
Densité moyenne, emprise levée	253 points par mètre carré
Densité médiane, points classés sol	139 points par mètre carré
Surface couverte	15.6 ha, débords de sécurité compris

La densité au sol reste supérieure à cent points par mètre carré malgré un couvert végétal représentant 39 % des retours : le multi-écho traverse les haies et les bosquets, et le second passage croisé à 90 degrés comble les masques du premier.

7.3 Contrôle altimétrique sur points de contrôle indépendants

Les points de contrôle sont levés au GNSS RTK, indépendamment de la trajectoire du drone. Les hauteurs ellipsoïdales du récepteur sont converties en altitudes NGF-IGN69 par la grille RAF18 : sur ce site, l'ondulation du géoïde vaut 46,4 m, et l'omission de cette conversion produirait un biais apparent du même ordre, sans rapport avec la qualité du levé. L'altitude du modèle est prise comme médiane des points classés sol dans un cylindre d'un mètre de rayon autour de chaque point.

Point	X local (m)	Y local (m)	Z NGF-IGN69 (m)	Écart (cm)
1	32.20	312.69	46.923	-2.3
2	18.34	306.03	47.089	-2.9
3	0.00	292.85	47.353	-0.3
4	20.28	283.19	47.038	+0.2
5	34.22	240.08	46.789	-4.9
6	13.73	227.38	47.242	-2.2
7	25.12	184.19	47.365	-4.5

Point	X local (m)	Y local (m)	Z NGF-IGN69 (m)	Écart (cm)
8	42.92	118.46	47.586	-3.6
9	163.98	372.23	47.268	+7.2
10	165.09	321.49	46.749	+3.1
11	161.76	295.44	46.852	+0.8
12	136.83	215.10	47.445	+0.5
13	119.54	226.42	47.307	+0.3
14	100.45	245.62	47.221	+3.9
15	132.84	267.88	47.591	-8.1
16	127.82	278.59	47.691	-2.1
17	215.77	350.60	48.050	-2.5
18	204.61	368.59	47.128	+2.2
19	216.25	398.06	47.546	-15.6
20	243.76	410.08	47.350	+1.0
1	215.58	350.67	48.033	-1.3
2	204.56	368.38	47.136	+2.4
3	243.91	410.10	47.354	+0.6
4	216.29	397.99	47.493	-11.3
5	161.65	295.48	46.845	+0.5
6	164.99	321.55	46.740	+4.0
7	123.20	229.00	47.103	-3.3
8	140.58	211.89	47.546	+7.4
9	156.43	195.53	48.682	+1.8
10	28.15	174.45	47.336	-2.6
11	24.58	189.41	47.316	-2.6
12	45.10	121.51	47.500	-6.0
13	85.43	0.00	49.622	+8.3
14	115.39	1.63	50.571	+5.9
15	121.53	2.08	50.912	-0.2
16	144.61	19.57	51.617	-2.7
17	149.46	6.27	52.167	-4.7
18	162.37	20.33	52.439	-0.9

Les abscisses et ordonnées sont exprimées dans un repère local dont l'origine est le coin sud-ouest du levé : le rapport d'origine porte les coordonnées projetées réelles.

Points levés	38, dont 1 écarté du calcul, voir ci-dessous
Points retenus	37
Écart quadratique moyen (RMS)	4,2 cm

Écart moyen (biais)	-0,5 cm
Écart maximal en valeur absolue	11,3 cm

Le point 19 du premier passage, à moins 15,6 cm, est écarté du calcul. Ce repère a été levé lors des deux passages et les deux mesures GNSS diffèrent entre elles de 5,3 cm : l'écart vient du pointé au sol et non du modèle. Le test de Grubbs le désigne également comme aberrant. Sa doublure du second passage, à moins 11,3 cm, est conservée.

7.4 Décomposition de l'écart et précision retenue

L'écart quadratique moyen mesuré au paragraphe précédent n'est pas la précision du levé : il additionne l'erreur du modèle LiDAR et celle de la référence au sol, qui sont indépendantes. Les variances s'ajoutent, donc :

RMS mesuré² = RMS du levé² + RMS de la référence²

La répétabilité du récepteur GNSS est mesurée au paragraphe 7.5 sur les six repères levés lors des deux passages : 2,2 cm d'écart-type. En la retirant :

Terme	Valeur	Ce qu'il représente
RMS mesuré	4,2 cm	écart brut entre le modèle et les 37 points retenus
RMS de la référence	2,2 cm	dispersion propre du récepteur au sol, mesurée
RMS du levé	3,5 cm	précision altimétrique du modèle LiDAR, valeur à retenir

La précision altimétrique à retenir pour ce levé est donc de 3,5 cm. Le chiffre de 4,2 cm reste celui de la confrontation brute aux points de contrôle, il est conservé ci-dessus par transparence, mais il surestime l'erreur du modèle puisqu'il y incorpore celle de l'instrument qui a servi à le contrôler.

Cette valeur est donnée avec les réserves d'usage : elle porte sur l'altimétrie seule, les points GNSS étant des points de sol sans cible identifiable dans le nuage, aucune précision planimétrique ne peut en être déduite. Sur 37 points, l'intervalle de confiance à 95 % du RMS mesuré s'étend de 3,4 à 5,4 cm.

7.5 Répétabilité du récepteur au sol

Six repères ont été levés lors des deux passages, ce qui permet de mesurer la dispersion propre du récepteur GNSS, indépendamment du LiDAR. L'écart entre les deux mesures d'un même point atteint **2,2 cm d'écart-type et 5,3 cm au maximum**, alors que le constructeur annonce 1,0 cm. Une part de l'écart quadratique moyen observé au paragraphe précédent provient donc de la référence au sol et non du modèle LiDAR.

Le point présentant le plus grand écart au modèle, moins 15,6 cm, est précisément celui dont les deux mesures GNSS divergent de 5,3 cm : il s'agit d'un point de contrôle douteux et non d'un défaut du nuage. Écarté du calcul, l'écart quadratique moyen descend à 4,2 cm et le biais à moins 0,5 cm.

Le biais de -0,5 cm traduit l'absence de décalage systématique du géoréférencement, ce qui est le résultat recherché : le modèle n'est ni haut ni bas, sa dispersion est aléatoire.

8. Lot 3 : analyses de surface et hydrologie

Le lot 3 du devis comporte trois postes, traités ci-dessous comme trois chapitres indépendants. Tous trois se calculent sur le même modèle numérique de terrain de sol nu, produit au lot 2.

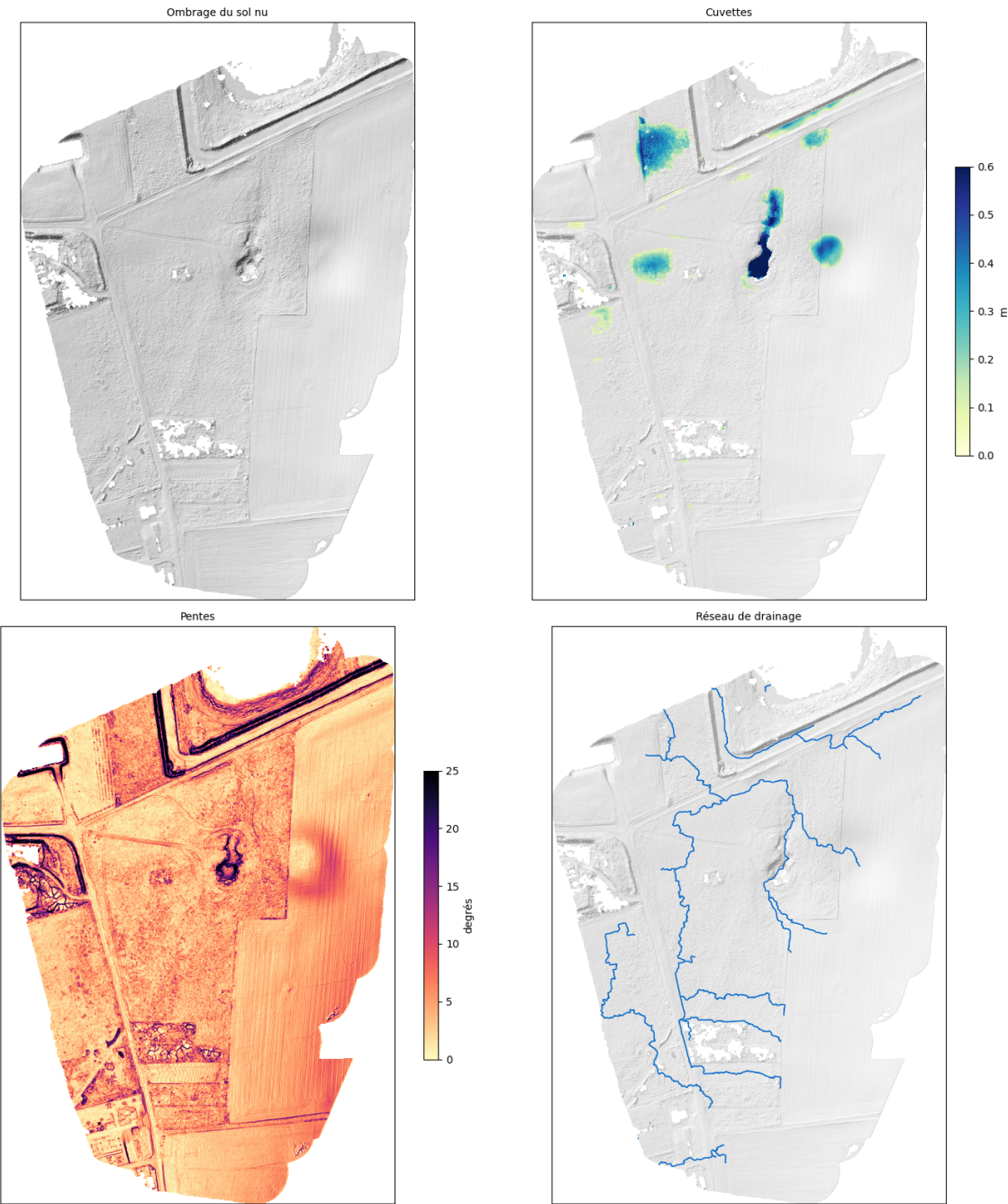
8.1 Poste 8, analyses morphologiques et hydrologiques

Micro-relief. L'ombrage multidirectionnel du sol nu, associé à des courbes de niveau au mètre, révèle les talus, les raccordements de parcelles, les anciennes limites et les traces de façonnage du terrain que l'orthophotographie seule ne montre pas.

Cuvettes. La profondeur de dépression est calculée avant comblement : 35 cuvettes de plus de 4 m² et de plus de 10 cm de profondeur sont retenues, la plus marquée atteignant 3,72 m. Elles sont livrées en DXF et en Shapefile.

Pentes et ravinement. La pente médiane du site est de 3,8 degrés, le 95e centile de 14,0 degrés. Les secteurs dépassant 15 degrés, essentiellement les talus de bordure et les abords de la voie ferrée, sont ceux où le ruissellement concentré devient érosif sur sol cultivé.

Drainage. Après comblement des cuvettes, les directions d'écoulement sont calculées en D8, puis les accumulations, puis le réseau est extrait et hiérarchisé selon Strahler : 41 tronçons pour 2 391 m d'axes de ruissellement.



Poste 8 : ombrage du sol nu, cuvettes avant comblement, carte des pentes et réseau de drainage hiérarchisé.

8.1 bis Lignes de rupture de pente

Les crêtes et pieds de talus, bords de chemins et de fossés sont restitués en trois niveaux de détail, en polygones 3D drapées sur le modèle de terrain.

Niveau	Polygones	Longueur cumulée	Longueur médiane
Principal	17	1,77 km	83,9 m
Détaillé	56	1,98 km	33,1 m
Exhaustif	203	4,06 km	18,3 m

Les lignes sont découpées sur l'emprise du levé : l'extraction portait initialement sur l'ensemble du corridor relevé le même jour, dont la plus grande part est hors de la parcelle. Aucune polygône ne descend sous 5 m de longueur, le résultat est directement exploitable pour la création de profils.



Lignes de rupture, niveau principal seul à gauche, les trois niveaux superposés à droite.

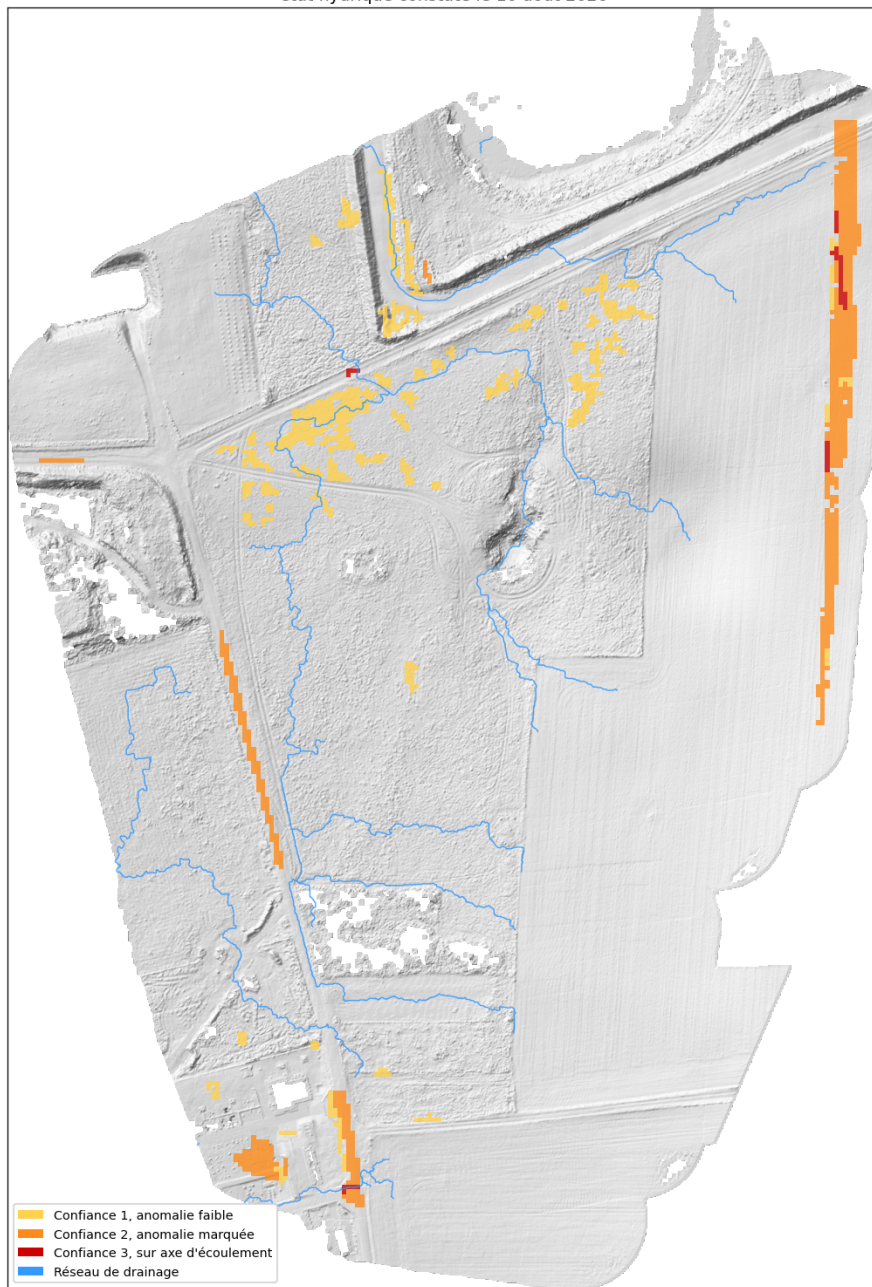
8.2 Poste 9, anomalies de réflectance et zones humides probables

Ce poste s'engage sur une méthode et non sur un résultat : ce qui est cartographié est l'état hydrique du jour de la captation, sous 33 degrés et sans pluie récente.

Points exploités	21.96 M points de sol à retour unique, les échos partiels ayant traversé de la végétation étant écartés
Normalisation angulaire	amplitude de la correction 42 %, sur des angles de balayage de 0 à 39 degrés
Stratification	50 % de sol nu et 50 % de couvert herbacé, comparés séparément
Mailles analysées	94165 mailles de 1 m, bordures exclues
Zones retenues	21 zones, 0,38 ha au total
Grille d'analyse	1 m, écart de réflectance lissé sur 3 m avant seuillage

Les mailles de bordure du levé ont été écartées : vues sous un angle extrême et avec peu de points, leur intensité normalisée est biaisée vers le bas et produisait un liseré d'anomalies qui suivait le contour du levé, sans réalité physique. La hiérarchisation distingue trois niveaux : anomalie faible, anomalie marquée, et anomalie marquée située sur un axe d'écoulement, ce dernier cas étant le plus crédible puisque deux indices indépendants y concordent.

Anomalies basses de réflectance et zones humides probables
état hydrique constaté le 10 août 2026



Poste 9 : anomalies basses de réflectance hiérarchisées par niveau de confiance, croisées avec le réseau de drainage.

8.3 Poste 10, cartographie de situation et d'analyses

Cinq planches A4 à 200 points par pouce, orthophotographie colorisée en arrière-plan, chacune portant son échelle graphique, son nord, sa légende et son cartouche : plan de situation et modèle numérique de terrain, carte des pentes et du ravinement, réseau de drainage et cuvettes, anomalies de réflectance. Fichier *Cartographie_situation_analyses.pdf*.

9. Livrables

Livrable	Format	Système
Nuage de points classifié	LAZ, LAS 1.4 format 8	CC de zone + NGF-IGN69
Indexation CAO du nuage	RCP et RCS, ReCap Pro	CC de zone + NGF-IGN69
Modèle numérique de terrain	GeoTIFF float32, 0,25 m et 0,50 m	CC de zone + NGF-IGN69
Modèle numérique de surface	GeoTIFF float32, 0,25 m et 0,50 m	CC de zone + NGF-IGN69
Maillage 3D du sol nu (TIN)	DXF, 443 023 faces, et LandXML 1.2	CC de zone
Courbes de niveau	DXF 3D et Shapefile, équidistance 0,20 m, maîtresses au mètre	CC de zone + NGF-IGN69
Carte des pentes	GeoTIFF float32	CC de zone
Axes de drainage	DXF 3D et Shapefile, 41 tronçons, 2 391 m	CC de zone
Cuvettes	DXF et Shapefile, 35 entités	CC de zone
Analyses hydrologiques	GeoTIFF, comblement, directions, accumulation, Strahler	CC de zone
Plan topographique	DXF 3D, courbes cotées, carroyage 50 m	CC de zone + NGF-IGN69
Lignes de rupture de pente, 3 niveaux	DXF 3D et Shapefile, 276 polygones	CC de zone
Zones humides probables, 3 niveaux de confiance	DXF, Shapefile, GeoTIFF	CC de zone
Cartographie de situation et d'analyses	PDF, 5 planches A4 à 200 ppp	CC de zone
Rapport de mission et de contrôle qualité	PDF, le présent document	

10. Réserves

Les réserves suivantes limitent l'usage des données et doivent être portées à la connaissance de tout utilisateur du modèle.

- **Emprise.** Les engagements de densité et de précision portent sur les 4,44 ha du marché. Les débords levés au delà sont fournis en l'état, sans engagement.
- **Points de contrôle.** La dispersion mesurée du récepteur au sol, 2,2 cm d'écart-type, est supérieure à la spécification constructeur. Un point sur trente-huit a été écarté du calcul, ses deux mesures GNSS divergeant de 5,3 cm.
- **Lignes de rupture de pente.** De 6 à 11 % du linéaire restitué, selon le niveau, longe le contour du levé à moins de 3 m. Ces segments traduisent la limite des données et non une rupture de pente réelle : les écarter avant tout calcul de profil en bordure d'emprise.
- **Courbes de niveau.** Elles sont tracées sur le modèle numérique de terrain lissé, et non sur le nuage brut. L'équidistance de 0,20 m est cohérente avec la précision altimétrique du levé : une équidistance plus fine ne restituerait que du bruit.
- **Réflectance.** Les zones humides probables traduisent l'état hydrique du 10 août 2026, après plusieurs jours sans pluie et sous 33 degrés. Elles ne préjugent pas du comportement du sol en période humide et ne valent pas délimitation réglementaire de zone humide.
- **Zones sous couvert.** Sous les haies et les bosquets, la densité au sol chute et le modèle numérique de terrain y est interpolé sur de plus grandes distances.

11. Rédaction

Rédacteur	DRONNIT, marque commerciale de TOPOVISOR SARL
Date	14 août 2026
Indice	A, première diffusion
Contact	09 75 72 58 10, https://dronnit.com