



**Heidelberg
Materials**

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

RENOUVELLEMENT PARTIEL ET EXTENSION
DE LA CARRIÈRE DE LA GRANDE GARDE

HMFG
SAINT-COLOMBAN (44)

Annexes de l'Étude d'impact



KALIÈS
Étude & conseil
en environnement,
énergie & risques industriels

REVISIONS

Date	Version	Objet de la version
04/11/2022	1	Version déposée pour instruction
29/03/2023	2	Intégration des compléments aux remarques formulées par l'administration
30/04/2025	3	Intégration modifications pour second passage en enquête publique

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1. Données météorologiques
- Annexe 2. Qualité des eaux en sortie des séparateurs d'hydrocarbure
- Annexe 3. Qualité du rejet et des eaux superficielles
- Annexe 4. Qualité des eaux souterraines
- Annexe 5. Résultat des mesures de bruit des Zones à Émergence Règlementées
- Annexe 6. Étude hydrogéologique de l'impact de l'extension des carrières de Saint-Colomban - Etude complémentaire
- Annexe 7. Volet Naturel de l'Étude d'Impact
- Annexe 8. Étude paysagère
- Annexe 9. Diagnostic et enjeux agricoles sur la commune de Saint-Colomban
- Annexe 10. Compte rendu de mesures des bruits dans l'environnement autour du site
- Annexe 11. Compte rendu de modélisation du bruit du projet dans l'environnement
- Annexe 12. Comptes rendus des mesures de retombées atmosphériques de poussières
- Annexe 13. Arrêtés préfectoraux n° 2021-257 du 9 mars 2021 et n° 2022-530 du 11 juillet 2022 pour la prescription d'un diagnostic archéologique
- Annexe 14. Avis du préfet

ANNEXE 1. DONNEES METEOROLOGIQUES

Station de Nantes-Bouguenais (44)

FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1991–2020 et records

NANTES-BOUGUENAI (44)

Indicatif : 44020001, alt : 26m, lat : 47°08'59"N, lon : 1°36'31"O

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
La température la plus élevée (°C)													Records établis sur la période du 01-05-1945 au 02-10-2024
	18.2	22.6	24.2	28.3	32.8	39.1	42	39.6	35.4	30.4	21.8	18.4	42
Date	27-2003	27-2019	30-2021	30-2005	26-2017	18-2022	18-2022	07-2020	09-2023	09-2023	01-2015	04-1953	2022
Température maximale (moyenne en °C)													
	9.3	10.5	13.5	16.2	19.6	23	25.1	25.4	22.4	17.6	12.9	9.8	17.1
Température moyenne (moyenne en °C)													
	6.4	6.7	9.2	11.4	14.7	17.8	19.7	19.8	17.1	13.5	9.4	6.7	12.7
Température minimale (moyenne en °C)													
	3.4	3	4.9	6.6	9.8	12.7	14.3	14.2	11.8	9.5	5.9	3.7	8.3
La température la plus basse (°C)													Records établis sur la période du 01-05-1945 au 02-10-2024
	-13	-15.6	-9.6	-2.8	-1.5	3.8	5.8	5.6	2.8	-3.3	-6.8	-10.8	-15.6
Date	16-1985	15-1956	01-2005	07-2008	01-1945	01-2006	10-1948	07-1956	19-1952	30-1997	21-1993	21-1946	1956
Nombre moyen de jours avec													
Tx ≥ 30 °C	.	.	.	.	0.1	1.9	4.3	4.3	1.1	0.0	.	.	11.8
Tx ≥ 25 °C	.	.	.	0.7	3.8	8.5	14.1	14.3	6.6	0.6	.	.	48.6
Tx ≤ 0 °C	0.6	0.1	.	.	.	.	.	.	.	0.0	0.3	.	1.0
Tn ≤ 0 °C	7.8	7.2	3.1	0.8	.	.	.	.	0.4	2.5	7.4	.	29.1
Tn ≤ -5 °C	0.8	0.8	0.0	.	.	.	.	.	.	0.2	0.8	.	2.6
Tn ≤ -10 °C	0.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0
Tn : Température minimale, Tx : Température maximale													
La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)													Records établis sur la période du 01-05-1945 au 02-10-2024
	50.1	34.5	47.4	43.6	56.5	70.1	94.9	53.4	48.2	96.7	45.9	38.6	96.7
Date	02-1961	04-1951	01-2020	30-2015	26-1950	11-2018	07-1977	28-1970	25-1975	02-2021	03-1957	03-1992	2021
Hauteur de précipitations (moyenne en mm)													
	87.9	67.5	58.4	58.3	61	48.5	44.2	50.3	59.5	88.8	94.1	101	819.5
Nombre moyen de jours avec													
Rr ≥ 1 mm	12.5	10.6	9.4	9.7	9.6	7.6	7.1	7.2	7.8	11.8	13.0	13.5	119.7
Rr ≥ 5 mm	6.0	5.3	3.8	4.1	4.1	3.3	2.8	2.9	3.9	5.7	6.2	6.8	54.9
Rr ≥ 10 mm	2.6	1.9	1.6	1.8	1.9	1.0	1.1	1.6	2.0	3.0	3.1	3.6	25.4
Rr : Hauteur quotidienne de précipitations													

FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1991–2020 et records

NANTES-BOUGUENAI (44)

Indicatif : 44020001, alt : 26m, lat : 47°08'59"N, lon : 1°36'31"O

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Degrés Jours Unifiés (moyenne en °C)													
	361	318.3	273.4	199.1	111	40.3	14.2	11.5	50.6	141.3	258.4	348.8	2127.9
Rayonnement global (moyenne en J/cm ²)													
	11658	19447	34523	48315	60318	64389	64957	57438	42204	25059	14285	10044	452637.0
Durée d'insolation (moyenne en heures)													
	72.6	102.3	147.3	182.7	203.4	213.1	229	232.6	198.7	122.7	91.3	77.6	1873.3
Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)													
	12.3	25.2	55.8	89.6	120.5	141.9	148.5	124.1	84.3	41.4	15.5	11.0	870.1
La rafale maximale de vent (m/s) Records établis sur la période du 01-01-1981 au 02-10-2024													
	32	37	31	27	27	27	24	34.9	30	32	29.5	35	37
Date	04-1998	03-1990	24-1986	18-2004	12-1983	11-1997	21-2006	22-2011	13-1993	15-1987	02-2023	26-1999	1990
Vitesse du vent moyenné sur 10 mn (moyenne en m/s)													
	4.1	4	3.9	3.7	3.5	3.4	3.3	3.1	3.1	3.4	3.5	3.9	3.6
Nombre moyen de jours avec rafales													
>= 16 m/s	6.3	5.5	4.7	4.3	2.7	1.7	1.1	1.2	1.7	3.5	3.8	6.3	42.8
>= 28 m/s	0.3	0.2	0.1	.	.	.	.	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	1.1
16 m/s = 58 km/h, 28 m/s = 100 km/h													
Nombre moyen de jours avec													
Brouillard	Données non disponibles												
Orage	Données non disponibles												
Grêle	Données non disponibles												
Neige	1.3	2.0	0.3	.	.	.	.	.	.	.	0.3	0.9	4.7

- : donnée manquante

. : donnée égale à 0

Ces statistiques sont établies sur la période 1991–2020 sauf pour les paramètres suivants : ETP (2001–2020).

ANNEXE 2. QUALITE DES EAUX EN SORTIE DES SEPARATEURS D'HYDROCARBURE

Données provenant des rapports de suivi annuel de GEOSCOPI

Qualité des eaux en sortie des séparateurs d'hydrocarbures

Paramètres	Seuil réglementaire rejet (AP du 21/12/12)*	Séparateur hydrocarbure n° 1	Séparateur hydrocarbure n° 2
Date de prélèvement	-	24/09/2018	24/09/2018
Température (°C)	-	-	-
MEST (mg/l)	< 35	19	49
Hydrocarbures totaux (mg/l)	< 10	< 0,530	< 0,530
Aspect	-	limpide	trouble
Coloration	-	léger trouble	marron
Odeur	-	légère	légère
Date de prélèvement	-	18/06/2019	09/12/2019
Température (°C)	-	18	10,4
MEST (mg/l)	< 35	15	19
Hydrocarbures totaux (mg/l)	< 10	< 0,530	< 0,530
Aspect	-	limpide	léger trouble
Coloration	-	léger trouble	blanchâtre
Odeur	-	légère odeur hydrocarbure	légère odeur hydrocarbure
Date de prélèvement	-	08/09/2020	08/09/2020
Température (°C)	-	17,9	17,4
MEST (mg/l)	< 35	6,3	16
Hydrocarbures totaux (mg/l)	< 10	< 0,530	< 0,530
Aspect	-	limpide	limpide
Coloration	-	incolore	incolore
Odeur	-	pas d'odeur	pas d'odeur
Date de prélèvement	-	10/03/2021	10/03/2021
Température (°C)	-	7,1	6,9
MEST (mg/l)	< 35	64	9
Hydrocarbures totaux (mg/l)	< 10	< 0,530	0,200<x<0,700
Aspect	-	limpide	limpide
Coloration	-	incolore	incolore
Odeur	-	pas d'odeur	pas d'odeur
Date de prélèvement	-	14/06/2021	14/06/2021
Température (°C)	-	19	19,2
MEST (mg/l)	< 35	17	39
Hydrocarbures totaux (mg/l)	< 10	2,100<x<2,302	0,540<x<0,860
Aspect	-	léger trouble	léger trouble
Coloration	-	légèrement grise	légèrement grise
Odeur	-	légère odeur hydrocarbure	légère odeur hydrocarbure

ANNEXE 3. QUALITE DU REJET ET DES EAUX SUPERFICIELLES

Suivi de la qualité des eaux de rejet de la carrière de HMFG à Saint-Colomban
et du Redour en amont et en aval du rejet

Données provenant des rapports de suivi annuel de GEOSCOPI

ANNEXE 4. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

Suivi de la qualité des eaux souterraines en amont et en aval
de la carrière de HMFG à Saint-Colomban

Données provenant des rapports de suivi annuel de GEOSCOPI

ANNEXE 5. RESULTAT DES MESURES DE BRUIT DES ZONES A ÉMERGENCE REGLEMENTEES

Données provenant des rapports de suivi annuel de GEOSCOPI

Résultats des mesures de bruit entre 2017 et 2021

Carte de localisation des points de mesure



* Bruit résiduel : SANS activité de la carrière Bruit ambiant : AVEC activité de la carrière

** Conditions météorologiques au sens de la norme NFS 31-010 - cf. Annexe météorologique
Pour mémoire, pour une distance inférieure à 40 m, l'influence de la météorologie est négligeable.

*** L'arrêté du 23 janvier 1997 prévoit, dans le cas où la différence entre LAeq et L50 est supérieure à 5dB(A), l'utilisation du L50 comme indicateur d'émergence. Cette instruction intervient pour limiter l'effet de masque, dû au trafic routier par exemple, sur le bruit de l'installation. Ainsi, ce critère de 5dB(A) d'écart entre le LAeq et le L50 doit se baser sur la mesure de bruit résiduel et non pas sur la mesure du bruit ambiant.

Ainsi, l'émergence Em se mesure :

$Em = LAeq(ambiant) - LAeq(résiduel)$, si sur la mesure de bruit résiduel la différence $LAeq-L50 \leq 5dB(A)$;

$Em = L50(ambiant) - L50(résiduel)$, si sur la mesure de bruit résiduel la différence $LAeq-L50 > 5dB(A)$.

L'arrêté du 23 janvier 1997 ne prévoit pas de calcul d'émergence lorsque le niveau de bruit ambiant est inférieur à 35dB.

Légende :

conforme

non conforme

Année 2017

Point de Réception	Lieu	Date	Conditions météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence en dBA
				LAeq	L50	LAeq	L50	
B1	La Métellerie	24/05/2017	U2/T1	44.5	43.0	46.5	45.0	2.0
B2	La Grande Garde	24/05/2017	-	46.0	43.0	51.0	48.5	5.0
B3	La Garde	24/05/2017	U4/T1	47.5	42.0	50.5	45.0	3.0
B6	La Petite Garde	24/05/2017	U4/T1	45.0	40.0	47.0	41.5	2.0

Point de Réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	24/05/2017	Nord-Est	Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier, les oiseaux et la végétation. Le bruit de la carrière n'est pas audible en ce point.	Conforme
B2	La Grande Garde			Le niveau de bruit résiduel est sous l'influence du réseau routier et de la faune environnante (oiseaux). L'activité de la carrière se distinguait fortement en ce point (installations de traitement et manœuvres de la chargeuse et des camions).	
B3	La Garde			Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier. Les passages de véhicules sur la VC et les oiseaux influent sur la mesure. Le bruit de la carrière est bien audible en ce point : installations et extraction : manœuvres des engins.	
B6	La Petite Garde			Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier. Le bruit de la carrière est audible en ce point : manœuvres des engins à l'extraction. La mesure est perturbée par l'activité de l'habitation (jardinage).	

Année 2018

Point de Réception	Lieu	Date	Conditions météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence en dBA
				LAeq	L50	LAeq	L50	
B1	La Métellerie	01/06/2018	U5/T2	46.5	41.0	47.0	43.5	0.5
B2	La Grande Garde	01/06/2018	U1/T2	49.5	45.5	51.0	48.5	1.5
B3	La Garde	01/06/2018	U1/T2	47.0	43.0	48.5	43.0	1.5
B6	La Petite Garde	01/06/2018	U2/T2	44.5	39.5	44.5	37.5	< 0,5

Point de Réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	01/06/2018	Sud-Ouest	Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier, les activités maraîchères, les activités domestiques, les oiseaux et la végétation. Le bruit de la carrière n'est pas audible en ce point.	Conforme
B2	La Grande Garde			Le niveau de bruit résiduel est sous l'influence du réseau routier et de la faune environnante (oiseaux). L'activité de la carrière se distinguait fortement en ce point (installations de traitement et manœuvres de la chargeuse et des camions).	
B3	La Garde			Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier. Les passages de véhicules sur la VC et les oiseaux influent sur la mesure. Le bruit de la carrière est légèrement audible en ce point : installations et extraction : manœuvres des engins. La mesure est perturbée par les activités agricoles (tracteur).	
B6	La Petite Garde			Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier. Le bruit de la carrière est peu audible en ce point : manœuvres des engins à l'extraction. La mesure est perturbée par l'activité de l'habitation (jardinage).	

Année 2019

Point de Réception	Lieu	Date	Conditions météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence en dBA
				LAeq	L50	LAeq	L50	
B1	La Métellerie	06/05/2019	U5/T2	52.5	51.5	52.5	45.5	< 0,5
B2	La Grande Garde	06/05/2019	U3/T2	52.0	44.0	53.5	47.5	1.5
B3	La Garde	06/05/2019	U3/T2	46.5	42.0	47.0	43.0	0.5
B6	La Petite Garde	06/05/2019	U3/T2	42.5	38.5	44.0	38.5	1.5

Point de Réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	06/05/2019	Sud-Est	Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier et le bruit lié aux oiseaux et à la végétation. Le bruit de la carrière est légèrement audible par intermittence en ce point : engins de l'extraction.	Conforme
B2	La Grande Garde			Le niveau de bruit résiduel est sous l'influence du réseau routier, des oiseaux et de la végétation. L'activité de la carrière se distinguait très bien en ce point : installations de traitement, manœuvres de la chargeuse et activité dans l'atelier.	
B3	La Garde			Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier. Les passages de véhicules sur la VC et les oiseaux influent sur la mesure. Le bruit de la carrière est légèrement audible en ce point : engins de l'extraction. La mesure est perturbée par l'activité de la ferme (tracteur).	
B6	La Petite Garde			Le bruit de fond est soutenu par l'ensemble du réseau routier. Le bruit de la carrière est bien audible en ce point : manœuvres des engins de l'extraction (bip de recul et coups de godet). La mesure est légèrement perturbée par l'activité forestière au loin.	

Année 2020

Point de Réception	Lieu	Date	Condition météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence admissible	Indicateur retenu pour le calcul d'urgence***	Emergence calculée en dBA	Durée du bruit à tonalité marquée (%)	
				LAeq	L50	LAeq	L50				Résiduel	Ambiant
				B1	la Métellerie	22/06/2020	U3/T2				40.5	39.0	44.0	42.0	6	LAeq	+ 3.5	36.2%	43.9%
B2	la Grande Garde		-	53.5	41.5	54.0	48.0	5	L50	+ 6.5	34.6%	26.4%
B3	la Garde		U4/T2	45.5	43.5	50.0	46.0	5	LAeq	+ 4.5	25.3%	32.6%
B6	la Petite Garde		U4/T2	41.5	37.5	43.5	40.5	6	LAeq	+ 2.0	33.9%	25.3%

Point de réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	22 juin 2020	Nord-Est au Sud-est	L'activité de la carrière est légèrement audible en ce point : installations de traitement (en fond) et manœuvres de la chargeuse (avertisseur de recul). Le niveau sonore résiduel dépend du bruit des oiseaux et de la végétation liée au vent. Le bruit de fond du réseau routier se distingue légèrement.	Conforme
B2	La Grande Garde			L'activité de la carrière est fortement audible en ce point : installations de traitement et manœuvres de la chargeuse. Le niveau sonore résiduel dépend du bruit des oiseaux et du réseau routier (faible). L'activité de la ferme (tracteur) influe également sur la mesure.	
B3	La Garde			L'activité de la carrière est audible en ce point : installations de traitement, manœuvres de la chargeuse et dans une moindre mesure, les engins de l'extraction. Le niveau sonore résiduel dépend du bruit des oiseaux, des passages de véhicules sur la voie communale et du réseau routier lointain (faible). L'activité de la ferme (tracteur) influe également sur la mesure.	
B6	La Petite Garde			L'activité de la carrière est bien audible en ce point : manœuvres des engins de l'extraction (avertisseur de recul, coup de godet de la chargeuse et sifflement du convoyeur). Le niveau sonore résiduel dépend des passages de véhicules sur la voie communale et du réseau routier lointain (faible).	

Année 2021

Point de Réception	Lieu	Date	Condition météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence admissible	Indicateur retenu pour le calcul d'émergence ***	Emergence calculée en dBA	Durée du bruit à tonalité marquée (%)	
				LAeq	L50	LAeq	L50				Résiduel	Ambiant
B1	la Métellerie	30/06/2021	U2/T2	45.5	36.5	49.5	41.0	5	L50	+4.5	18.4%	15.2%
B2	la Grande Garde		-	45.5	41.5	49.5	47.0	5	LAeq	+4.0	30.2%	15.3%
B3	la Garde		U3/T2	47.0	43.5	49.0	43.5	5	LAeq	+2.0	35.3%	32.7%
B6	la Petite Garde		U4/T2	40.5	36.5	42.0	39.0	6	LAeq	+1.5	25.1%	25.3%

Point de réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	30 juin 2021	Nord-Ouest	L'activité de la carrière est très peu audible en ce point. Le niveau sonore résiduel dépend du bruit des oiseaux et de la végétation liée au vent. Le bruit de fond du réseau routier se distingue également. L'émergence calculée n'est pas due à la carrière mais à l'activité de l'habitation (tondeuse).	Conforme
B2	La Grande Garde			L'activité de la carrière est fortement audible en ce point : installations de traitement et manœuvres de la chargeuse. Le niveau sonore résiduel dépend du bruit des oiseaux, du bruit de la végétation lié au vent et du réseau routier (faible). L'activité de la ferme et de l'habitation influe également sur la mesure.	
B3	La Garde			L'activité de la carrière est audible en ce point : installations de traitement (dont les moteurs du convoyeur) et les manœuvres de la chargeuse. Le niveau sonore résiduel dépend du bruit des oiseaux, du bruit de la végétation lié au vent, des passages de véhicules sur la voie communale et du réseau routier lointain (faible). L'activité maraîchère à proximité influe également sur la mesure.	
B6	La Petite Garde			L'activité de la carrière est bien audible en ce point : manœuvres de la chargeuse de l'extraction (avertisseur de recul et sifflement du convoyeur). Le niveau sonore résiduel dépend des passages de véhicules sur la voie communale, du réseau routier lointain (faible) et du piaillement des oiseaux.	

Remarque : La durée du bruit à tonalité marquée excède 30% de la durée de la mesure pour le point B3, cependant, la tonalité est également marquée en l'absence d'activité pour ce point. Pour les autres points de mesures, la durée du bruit à tonalité marquée n'excède pas 30% de la durée de la mesure en activité.

Année 2022

Point de Réception	Lieu	Date	Condition météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence admissible	Indicateur retenu pour le calcul d'urgence***	Emergence calculée en dBA	Durée du bruit à tonalité marquée (%)	
				LAeq	L50	LAeq	L50				Résiduel	Ambiant
B1	la Métellerie	05/05/2022	U2/T2	47.0	43.0	45.5	43.0	5	LAeq	<0.5	29.5%	21.4%
B2	la Grande Garde		-	55.5	46.0	52.5	48.0	5	L50	+2.0	42.4%	18.4%
B3	la Garde		U4/T2	47.5	45.5	47.5	45.5	5	LAeq	<0.5	54.0%	26.6%
B6	la Petite Garde		U4/T2	42.0	34.0	47.0	39.0	5	L50	+5.0	22.8%	22.2%

Point de réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	5 mai 2022	Nord-Ouest au Nord-Est	L'activité de la carrière n'est pas audible en ce point. Le niveau sonore est soutenu par le piaillage des oiseaux, le bruit de la végétation lié au vent, le réseau routier et l'activité maraichères.	Conforme
B2	La Grande Garde			L'activité de la carrière est bien audible sur ce point : installations, chargeuse sur la zone technique et la dragueline par intermittence. Le niveau sonore est soutenu par le piaillage des oiseaux, le poulailler à proximité et dans une moindre mesure par le réseau routier.	
B3	La Garde			L'activité de la carrière est audible en ce point : installations et manœuvres chargeuses. Le niveau sonore est soutenu par le passage des véhicules sur la VC à proximité, le piaillage des oiseaux, l'activité des habitations (travaux rénovation) et dans une moindre mesure le réseau routier.	
B6	La Petite Garde			L'activité de la carrière est bien audible en ce point : manœuvres des engins à l'extraction (chargeuse et dragueline). Le niveau sonore est soutenu par le passage des véhicules sur la VC à proximité, le piaillage des oiseaux et dans une moindre mesure le réseau routier.	

Année 2023

Point de Réception	Lieu	Date	Condition météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence admissible	Indicateur retenu pour le calcul d'urgence***	Emergence calculée en dBA	Durée du bruit à tonalité marquée (%)	
				LAeq	L50	LAeq	L50				Résiduel	Ambiant
B1	la Métellerie	25/08/2023	U3/T2	40.0	38.0	41.5	39.0	6	LAeq	+1.5	10.7%	8.8%
B2	la Grande Garde		-	39.5	35.5	46.0	45.0	5	LAeq	+6.5	18.6%	5.5%
B3	la Garde		U3/T2	43.5	39.0	43.0	40.0	6	LAeq	<0.5	6.7%	7.3%
B6	la Petite Garde		U4/T2	41.0	37.0	42.5	41.5	6	LAeq	+1.5	7.8%	3.3%

Point de réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	25 août 2023	Nord-Ouest	L'activité de la carrière est très légèrement audible en ce point. Le niveau sonore est soutenu par le réseau routier (RD117), piaillage des oiseaux, le bruit de la végétation lié au vent, le réseau routier et l'activité maraichères.	Non conforme
B2	La Grande Garde			L'activité de la carrière est bien audible sur ce point : installations, chargeuse sur la zone technique et la dragueline par intermittence. Le niveau sonore est soutenu par le piaillage des oiseaux, le poulailler à proximité et des aboiements.	
B3	La Garde			L'activité de la carrière est faiblement audible en ce point : installations, manœuvres chargeuses et entrées/sorties des camions de commercialisation. Le niveau sonore est soutenu par le passage des véhicules sur la VC à proximité.	
B6	La Petite Garde			L'activité de la carrière est audible en ce point : manœuvres des engins à l'extraction (chargeuse et dragueline). On distingue également le signal de recul de la chargeuse et les installations sont légèrement audibles. Le niveau sonore est soutenu par le passage des véhicules sur la VC à proximité, le piaillage des oiseaux/oies et dans une moindre mesure le réseau routier.	

Année 2024

Point de Réception	Lieu	Date	Condition météo**	Niveaux de bruit résiduel* en dBA		Niveaux de bruit ambiant* en dBA		Emergence admissible	Indicateur retenu pour le calcul d'émergence ***	Emergence calculée en dBA	Durée du bruit à tonalité marquée (%)	
				LAeq	L50	LAeq	L50				Résiduel	Ambiant
B1	la Métellerie	03/06/2024	U1/T2	43.0	40.0	44.5	42.0	6	LAeq	+1.5	8.6%	13.6%
B2	la Grande Garde		-	51.0	45.5	52.5	49.5	5	L50	+4.0	30.9%	29.7%
B3	la Garde		U5/T2	50.0	43.5	46.5	43.0	5	L50	<0.5	22.7%	17.5%
B6	la Petite Garde		U4/T2	44.0	38.5	43.0	41.0	6	L50	+2.5	23.0%	17.5%

Point de réception	Lieu	Date	Provenance du vent	Commentaires	Conformité
B1	La Métellerie	03 Juin 2024	Nord-Est	Le site n'est pas audible depuis ce point. Seul le réseau routier lointain, la faune et le vent sont audibles.	Conforme
B2	La Grande Garde			Le site est bien audible depuis ce point, aussi bien les installations au nord-ouest que l'extraction au sud-est (notamment la chargeuse et le moteur de la trémie). Le résiduel dépend du poulailler tout proche, de la faune et du trafic proche et lointain.	
B3	La Garde			Les installations sont légèrement audibles. Le trafic local et la faune viennent compléter le signal sonore.	
B6	La Petite Garde			Le site côté extraction est audible depuis ce point (chargeuse et trémie). Le résiduel dépend de la faune et du bruit du vent dans la végétation.	

ANNEXE 6. ÉTUDE HYDROGEOLOGIQUE DE L'IMPACT DE
L'EXTENSION DES CARRIERES DE SAINT-COLOMBAN -
ETUDE COMPLEMENTAIRE

Calligée, mars 2023

Etude hydrogéologique préalable à l'extension d'une carrière

Carrière de la Grande Garde

GSM

SAINT-COLOMBAN (44)

RAPPORT N21-44061G



Agence de Nantes - siège social
Parc de la Rivière | Bât. A | 8 boulevard Albert Einstein | CS 82118
44321 NANTES CEDEX 3
+33 (0)2 40 14 33 71 | nantes@calligee.fr



Agence de Toulouse
Le Prologue 2 | 71 rue Ampère
31670 LABÈGE
+33 (0)5 62 24 36 97 | toulouse@calligee.fr

CLIENT

GSM Pays de la Loire
3 rue Charron
CS 90412
44804 SAINT-HERBLAIN Cedex

Interlocuteur : Maxime ROSS CARRE

REFERENCES

N° affaire :	N21-44061G	Nombre de pages :	132
Rubrique :	Carrière - HYDRO	Nombre de figures hors texte :	0
Agence :	Nantes	Nombre d'annexes :	4

VERSIONS ET VISAS

N° version	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Intitulé des révisions	Date d'application
V0	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>	Aurélie RICAUD	<i>AL</i>	Version initiale	13 juin 2022
V1	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Intégration correction maître d'ouvrage	22 juin 2022
V2	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>	Aurélie RICAUD	<i>AL</i>	Intégration correction maître d'ouvrage Version non consolidée	6 juillet 2022
V3	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Intégration nouveaux résultats de simulations	26 octobre 2022
V4	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Introduction remarques GSM	2 novembre 2022
V5	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Version finale	2 novembre 2022
V6	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Intégration des réponses à l'avis des administrations	27 mars 2023
V7	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Intégration des remarques de GSM	30 mars 2023
V8	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Intégration des remarques de GSM	31 mars 2023
V9	Marc-Antoine PILLET	<i>TAP</i>			Modification usage d'un puits	31 mars 2023

Sommaire

1 INTRODUCTION	9
2 LOCALISATION, TOPOGRAPHIE	10
3 EXPLOITATION DU GISEMENT	12
3.1 - Présentation de l'activité - GSM	12
3.2 - Modalités d'exploitation - GSM	13
3.2.1 - Extraction de matériaux	13
3.2.2 - Phasage de l'exploitation du site actuel – Etat d'avancement	14
3.2.3 - Circuit de l'eau	17
4 GEOLOGIE	22
4.1 - Contexte géologique	22
4.2 - Géologie locale	23
5 RESEAU HYDROGRAPHIQUE	25
5.1 - Contexte	25
5.2 - Données locales de débit	28
5.2.1 - Ouvrages de référence	28
5.2.2 - Mesures de débit	29
5.2.3 - Réseau ONDE	32
5.3 - Qualité des eaux superficielles	34
6 PLUVIOMETRIE	35
6.1 - Chronique	35
6.1.1 - Station la plus proche	35
6.1.2 - Pluviométrie à Nantes	37
6.2 - Bilan hydrique	39
7 HYDROGEOLOGIE	41
7.1 - Contexte	41
7.2 - Piézométrie	42
7.2.1 - Ouvrages de référence	42
7.2.2 - Evolutions piézométriques	46
7.2.3 - Cartes piézométriques	52
7.3 - Paramètres hydrodynamiques	58
7.3.1 - Secteur de la Grande Garde	58

7.3.2 - Secteur de la Gagnerie	58
7.3.3 - Synthèse	59
7.4 - Qualité des eaux souterraines.....	59
8 USAGES	60
8.1 - Source des données	60
8.2 - Points de prélèvements	61
8.2.1 - Usage AEP.....	61
8.2.2 - Usages recensés à la BNPE.....	61
8.2.3 - Autres usages agricoles et domestique	62
8.2.4 - Prélèvements industriels	66
8.2.5 - Perte par évaporation.....	67
8.2.6 - Synthèse des volumes prélevés.....	68
9 MODELISATION	69
9.1 - Rappel sur les modèles antérieurs	69
9.1.1 - Modèle antérieur de la carrière LG de la Gagnerie.....	69
9.1.2 - Modèle antérieur de la carrière GSM de la Grande Garde	69
9.1.3 - Modalités de calage des modèles antérieurs	70
9.1.4 - Résultats des simulations menées avec les modèles antérieurs	70
9.2 - Objectif et finalité de la modélisation.....	71
9.2.1 - Contexte	71
9.2.2 - Méthodologie d'ajustement du projet.....	71
9.2.3 - Le projet final	72
9.3 - Données d'entrée pour la construction du modèle et son calage.....	74
9.3.1 - Périmètre du modèle	74
9.3.2 - Maillage du modèle	74
9.3.3 - Année de référence avant exploitation : 2003.....	75
9.3.4 - Année de référence en phase d'exploitation : 2014.....	75
9.4 - Calage du modèle hydrodynamique	77
9.4.1 - Principes du processus de calage	77
9.4.2 - Résultats du calage.....	78
9.5 - Simulations.....	92
9.5.1 - Conditions générales prises en compte	92
9.5.2 - Simulations réalisées pour le choix du projet	93
9.5.3 - Simulation du projet final : site en exploitation au plus proche du hameau de la Petite Garde – 2024-2025	96
9.5.4 - Simulation du projet final : site en exploitation au plus proche du hameau du marais Gâté – 2034.....	101
9.5.5 - Simulation du projet final : site en exploitation au plus proche du hameau de la Brosse Gaspaille – 2035.....	106
9.5.6 - Simulation du projet final : site réaménagé (2041).....	111
10 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET	116
10.1 - Incidences quantitatives sur la ressource en eau	116
10.1.1 - Incidences sur la ressource souterraine	116
10.1.2 - Incidences sur les ouvrages voisins.....	120
10.1.3 - Incidences sur les eaux superficielles	124

10.2 - Incidences qualitatives.....	127
10.2.1 - Incidences sur les eaux superficielles	127
10.2.2 - Incidences sur les eaux souterraines	128
10.3 - Incidences sur les zones humides.....	128
11 CONCLUSION	129
12 RESUME.....	130

ANNEXES

Table des illustrations

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des points de suivi des cours d'eau en dehors des carrières.....	28
Tableau 2 : Résultats des campagnes d'observation du réseau ONDE sur le Redour (extrait : www.eaufrance.fr)	33
Tableau 3 : Bilan hydrique à la station de Nantes-Bouguenais (moyenne 1991-2020)	40
Tableau 4 : Liste des ouvrages de référence du secteur	42
Tableau 5 : Liste des ouvrages de suivi GSM	43
Tableau 6 : Synthèse des tests de perméabilité obtenus par slugs-tests sur piézomètre (source : Géoarmor GL/R957).....	58
Tableau 7 : Données de transmissivité et de coefficient d'emmagasinement extraites de la BSS	58
Tableau 8 : Liste des points de prélèvements recensés à la BNPE sur le bassin versant	61
Tableau 9 : Liste des points d'eau et leurs usages identifiés par GSM et LG (classification par usage)	63
Tableau 10 : Estimation des volumes prélevés (extr it : Géoarmor GM/R 1182/Août 98)	66
Tableau 11 : Résultats du calage aux points de suivi de la nappe – Situation moyenne 2002-2003 ..	78
Tableau 12 : Résultats du calage aux points de suivi de la nappe – Situation moyenne 2013-2014 ..	79
Tableau 13 : Ordre de grandeur des débits évacués du système modélisé pendant la période 2002-2003	81
Tableau 14 : Simulations itératives et principaux résultats	94
Tableau 15 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S1bV10G.	97
Tableau 16 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S2bV10G	102
Tableau 17 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S3bV10G	106
Tableau 18 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S4bV10G	112
Tableau 19 : Evaluation du déficit de recharge au droit des plans d'eau en comparaison aux terrains actuels	118
Tableau 20 : Incidence des plans d'eau créés dans le cadre des projets de carrières GSM et LG sur la ressource en eau.....	120
Tableau 21 : Synthèse des écarts piézométriques simulées aux points de référence entre les différentes phases d'exploitation et la période de référence 2003	122
Tableau 22 : Estimation des hauteurs d'eau résiduelle en basses eaux avec le projet au droit des puits du Maris Gâté, de la Douve et de la Brosse Gaspaille	123
Tableau 23 : Evaluation des variations de débits apportés par la nappe au cours d'eau entre la situation de référence et la situation après réaménagement induite par les carrières et leur projet d'extension	125

LISTE DES FIGURES

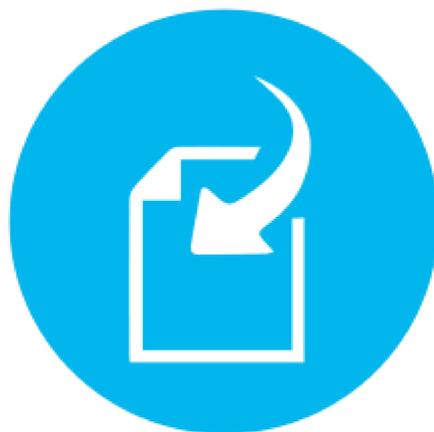
Figure 1 : Localisation des carrières de la Grande Garde et de son extension (GSM), de la carrière existante de la Gagnerie et du projet de carrière des Loroux Gâtine (LG)	11
Figure 2 : Profil topographique du projet d'extension de carrière de la Grande Garde (échelle d'altimétrie étendue	11
Figure 3 : Volume de matériaux extraits depuis les carrières de GSM et LG	14
Figure 4 : Situation d'exploitation au 26 octobre 2020 (source GSM) et années d'extraction des bassins	15
Figure 5 : Projection de l'exploitation de 2021 à 2023 (source : GSM).....	16

Figure 6 : Plan de réaménagement projeté (source : GSM).....	16
Figure 7 : Circuit de l'eau au 26/10/2020 (source : GSM).....	17
Figure 8 : Photographies du système de comptage et du trop plein.....	18
Figure 9 : Schéma et relevé de niveau du trop plein de la carrière de la Grande Garde du 29/01/2009 (GSM).....	18
Figure 10 : Suivi des débits par GSM en sortie de la carrière de la Grande Garde entre février 2009 et juin 2011.....	19
Figure 11 : Volume mensuel rejeté en dehors de la carrière de la Grande Gard vers le ruisseau du Redour (janvier 2018 à janvier 2021).....	20
Figure 12 : Piézométrie Noë Grivaud et débit de rejet de la carrière de la Grande Garde.....	20
Figure 13 : Piézométries de puits périphériques de la carrière de la Grande Garde et débit de rejet.....	21
Figure 14 : Contexte géologique.....	23
Figure 15 : Carte du contexte géologique local avec localisation des ouvrages de reconnaissance et épaisseur du gisement sableux.....	24
Figure 16 : Limite des bassins versants topographiques du secteur.....	27
Figure 17 : Points de suivi des eaux superficielles.....	29
Figure 18 : Débits moyens mensuels de l'Ognon à la station des Sorinières (source : Hydroportail).....	30
Figure 19 : Mesures de débit du Redour et de la Mandironnière.....	31
Figure 20 : Evaluation des côtes du Redour et de la Mandironnière.....	32
Figure 21: Pluviométrie à la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.....	36
Figure 22: Comparaison de la pluviométrie à la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu en année cycle et par cycle hydrologique.....	36
Figure 23: Pluviométrie à la station de Nantes-Bouguenais comparée à celle de la station de St Philbert-de-Grand-Lieu.....	37
Figure 24 : Comparaison de la pluviométrie à la station MétéoFrance de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu et des relevés locaux à la Lande.....	38
Figure 25 : Cycle de l'eau (source : université de Picardie).....	39
Figure 26 : Carte de localisation des piézomètres de référence.....	42
Figure 27 : Carte de localisation des ouvrages de suivi.....	45
Figure 28 : Evolution piézométrique sur les ouvrages de référence.....	46
Figure 29 : Cote moyennes mensuelles au piézomètre de référence de Noë Grivaud et mesures 2020-2022 (source : ADES).....	47
Figure 30 : Evolution piézométrique et pluviométrie annuelle (d'après données MétéoFrance et ADES).....	48
Figure 31 : Evolution piézométrique et pluviométrie mensuelle (d'après données MétéoFrance et ADES).....	48
Figure 32 : Evolution piézométrique et pluviométries annuelles et hivernales.....	49
Figure 33 : Evolution piézométrique des ouvrages périphériques au projet d'extension de la carrière de la Grande Garde.....	50
Figure 34 : Evolution piézométrique des ouvrages du Marais Gâté.....	52
Figure 35 : Carte piézométrique de basses eaux sur fond IGN – 4 et 8 novembre 2021.....	54
Figure 36 : Carte piézométrique de basses eaux sur fond géologique – 4 et 8 novembre 2021.....	55
Figure 37 : Carte piézométrique de hautes eaux sur fond IGN – 27 janvier 2021.....	56
Figure 38 : Carte piézométrique de hautes eaux sur fond géologique – 27 janvier 2021.....	57
Figure 39 : Evolution des prélèvements recensés à la BNPE sur le bassin versant.....	62
Figure 40 : Carte de localisation des points d'eau.....	65
Figure 41 : Principe de bilan hydrique dans le cas d'un couvert végétalisé et d'un plan d'eau (sou ce : DREAL Centre Val de Loire).....	67
Figure 42 : Estimation des volumes de prélèvements en 2021.....	68
Figure 43 : Phasage quinquennale d'exploitation de la carrière de la Grande Garde (2024-2038).....	72
Figure 44 : Cartographie du réaménagement de la carrière de la Grande Garde et de son extension..	73
Figure 45 : Emprise et maillage du modèle.....	75
Figure 46 : Niveau de nappe au piézomètre de référence de Noë Grivaud et de la Revellerie en 2014, campagnes piézométriques des carriers.....	76
Figure 47 : Comparaison entre charges observées et calculées à l'issue du calage des modèles.....	82
Figure 48 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2002-2003).....	83

Figure 49 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2002-2003) – détail dans le secteur de la sablière de la Grande Garde.....	84
Figure 50 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2002-2003) – détail dans le secteur de la sablière de la Gagnerie.....	85
Figure 51 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2013-2014).....	86
Figure 52 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2013-2014) – détail dans le secteur de la sablière de la Grande Garde.....	87
Figure 53 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2013-2014) – détail dans le secteur de la sablière de la Gagnerie.....	88
Figure 54 : Ecart piézométriques simulés (h2013-2014 / h2002-2003), avec des conditions de recharges identiques entre les deux situations.....	89
Figure 55 : Ecart piézométriques simulés (h2013-2014 / h2002-2003), avec des conditions de recharges identiques entre les deux situations – détail dans le secteur de la Grande Garde.....	90
Figure 56 : Ecart piézométriques simulés (h2013-2014 / h2002-2003), avec des conditions de recharges identiques entre les deux situations – détail dans le secteur de la Gagnerie.....	91
Figure 57 : Schéma de principe de l'exploitation en 2024-2025.....	98
Figure 58 : Cartographie de la piézométrie simulée pour la période 2024-2025 (S1bV10G).....	99
Figure 59 : Ecart entre la piézométrie simulée en 2024-2025 (S1bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche.....	100
Figure 60 : Schéma de principe de l'exploitation en 2034.....	103
Figure 61 : Cartographie de la piézométrie simulée pour la période 2034 (S2bV10G).....	104
Figure 62 : Ecart entre la piézométrie simulée en 2034 (S2bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche.....	105
Figure 63 : Schéma de principe de l'exploitation en 2035.....	108
Figure 64 : Cartographie de la piézométrie simulée pour la période 2035 (S3bV10G).....	109
Figure 65 : Ecart entre la piézométrie simulée en 2034 (S2bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche.....	110
Figure 66 : Schéma de principe du réaménagement du site en 2041.....	113
Figure 67 : Cartographie de la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement de la carrière de la Grande Garde et de son extension (S4V10L).....	114
Figure 68 : Ecart entre la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement (S4V10L) et la piézométrie initiale simulée en année quinquennale sèche.....	115
Figure 69 : Principe hydrogéologique schématique de la création d'un plan d'eau en domaine sédimentaire.....	120
Figure 70 : Principe hydrogéologique schématique du comblement d'une excavation en domaine sédimentaire.....	121
Figure 71 : Carte du bassin versant et de la part intégré au modèle hydrogéologique.....	126
Figure 72 : Principes de remise en état du site (source : GSM).....	127

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Données prises en compte pour le calage du modèle en situation avant exploitation (2003)
- Annexe 2 : Données prises en compte pour le calage du modèle en situation d'exploitation des carrières de la Grande Garde et de la Gagnerie (2014)
- Annexe 3 : Résultats cartographiques des simulations intermédiaires
- Annexe 4 : Note n°9 de la Doctrine régionale Eau & Carrières du Centre Val de Loire : Comptabilisation des pertes par évaporation



1 Introduction

La société GSM exploite une sablière sur le site de la Grande Garde à Saint-Colomban (44) depuis 2002. La fin de l'exploitation du gisement accessible est programmée pour 2023.

Pour répondre aux besoins du territoire, GSM souhaite étendre cette sablière dans son prolongement vers l'Est. Aussi elle conservera les mêmes installations de traitement et de stockage des matériaux déjà présentes sur le site de la Grande Garde.

De plus, la société Lafarge Granulats exploite le même gisement de sables à quelques kilomètres vers l'Est (site de la Gagnerie). Afin de palier à la fermeture programmée de cette sablière vers 2023, Lafarge Granulats porte un projet d'ouverture d'une nouvelle sablière entre les hameaux du Marais-Gâté, la Douve, Chôtard et Lincuire, situés entre la sablière actuelle de la Gagnerie (LG) et l'extension projetée par GSM.

Face à des risques « d'interférences hydrogéologiques » de leurs exploitations, les carriers GSM et LG ont missionné CALLIGEE pour la réalisation d'un modèle hydrogéologique commun. Ce travail combiné a pour objectif de mieux apprécier les éventuels impacts cumulés de leurs projets d'extension de sablières respectifs sur la nappe du bassin pliocène de Saint-Colomban (44).

Rappelons cependant que les prestations menées par CALLIGEE pour chacun de ces exploitants sont indépendantes.

Le présent document présente :

- l'état des lieux du site,
- une synthèse des incidences hydrogéologique du projet,
- des préconisations.



2 Localisation, topographie

Le projet d'extension de la carrière de La Grande Garde est situé au Nord-Est du territoire communal de Saint-Colomban (44), entre les hameaux de Brosse Gaspaille au Sud, de la Douve au Sud-Est et du Marais Gâté au Nord-Est (Figure 1). Le projet d'extension est à environ 1,5 km du centre bourg de Géneston.

Ainsi implanté, le projet d'extension de la sablière de la Grande Garde sera distant de la carrière actuelle de la Gagnerie (LG) de 1500m environ, et de moins de 400m du projet de carrière des Loraux-Gâtine (LG).

L'emprise du projet de l'extension de la carrière de la Grande Garde est d'environ 30 ha avec une surface exploitable de 22 ha.

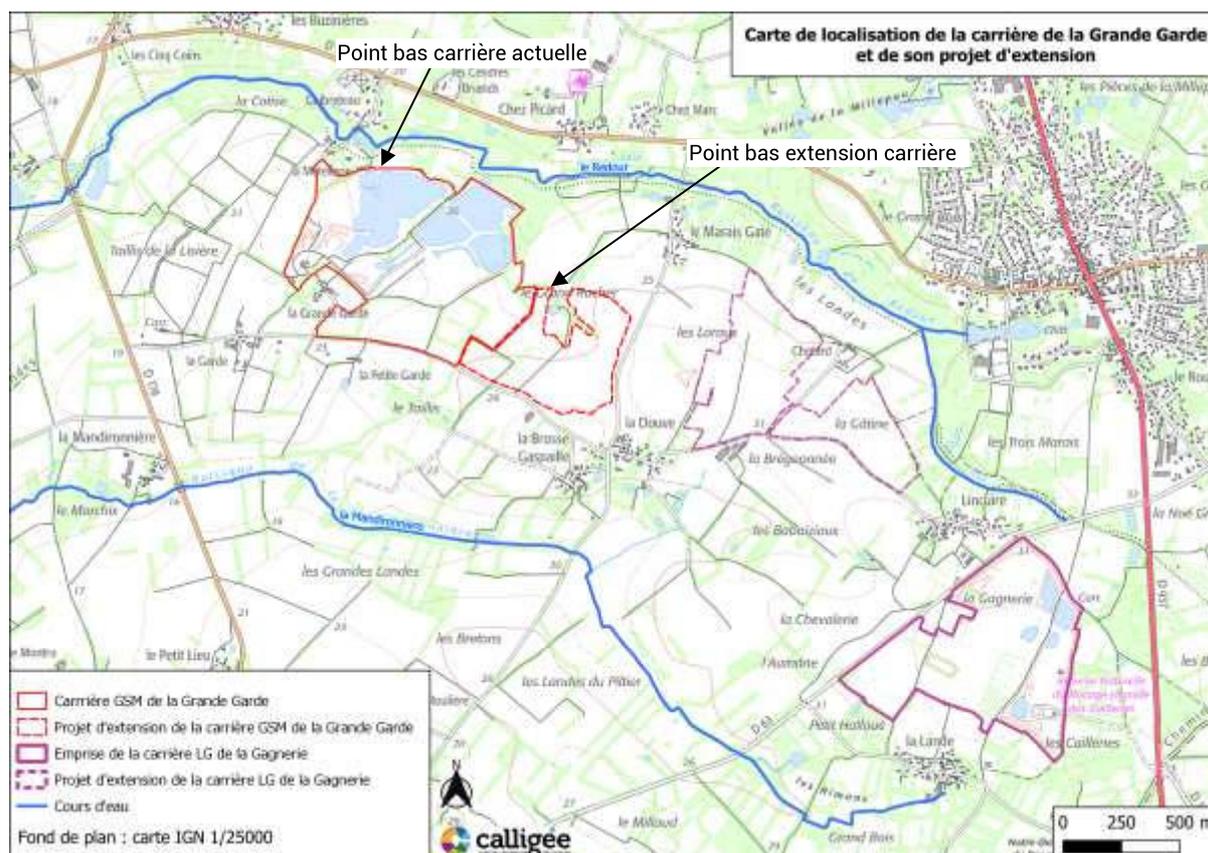


Figure 1 : Localisation des carrières de la Grande-Garde et de son extension (GSM), de la carrière existante de la Gagnerie et du projet de carrière des Loraux Gâtine (LG)

La topographie est relativement plane au droit du projet avec une légère pente Sud-Est / Nord-Ouest, en direction de la vallée du Redour. Comme l'indique le profil SE/NW (Figure 2), l'altimétrie varie de 27,2 mNGF en partie amont à hauteur de la Douve pour atteindre 22,25 mNGF en limite d'emprise actuelle de la carrière.

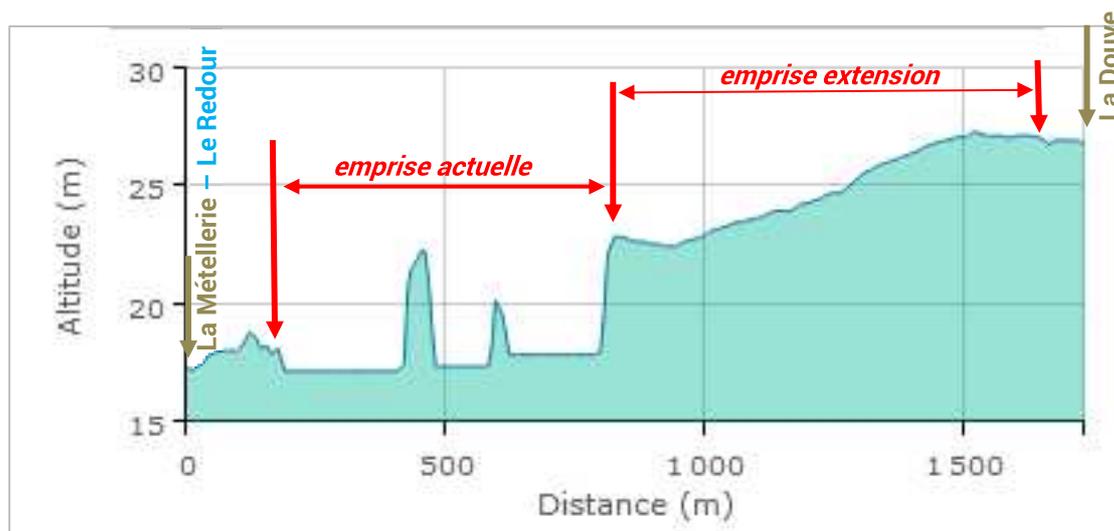


Figure 2 : Profil topographique du projet d'extension de carrière de la Grande-Garde (échelle d'altimétrie étendue)



3 Exploitation du gisement

3.1 - PRESENTATION DE L'ACTIVITE - GSM

L'arrêté préfectoral du 21 décembre 2012 autorise l'exploitation de la carrière de la Grande Garde pour une durée de 13 ans, pour les missions d'extraction, de traitement et de commercialisation. L'arrêté préfectoral du 21/12/2012 autorise une production maximale de 400 000 tonnes de granulats par année. L'AP du 31/07/2020 ne modifie pas le volume d'extraction, mais couvre uniquement l'activité de remblaiement.

L'arrêté préfectoral précise que le rabattement de nappe est interdit. Seul le casier exploité peut faire l'objet de pompage sous condition d'absence d'incidence sur les puits périphériques. Ainsi, suite à des travaux de modélisation à la fin 2009, GSM a fixé un niveau d'abaissement maximal dans les casiers à 5 m/sol de façon à limiter l'impact en dehors du site. L'AP autorise un rejet maximum d'eaux douces dans un cours d'eau de 3300 m³/j.

L'installation de traitement est située sur les parcelles A24 et A25 à l'Ouest du gisement exploité. La plateforme de commercialisation est déportée au sud-ouest, sur les parcelles A109, A110, A908 et A155. Le convoyage des matériaux est assuré par bandes transporteuses sur environ 1km.

Le site produit les coupures : 0/1mm ; 0/2mm ; 0/4mm ; 0/10mm ; 0/20mm ; 1/2mm ; 2/4mm ; 4/10mm ; 4/20mm ; 10/20mm. L'utilisation principale des granulats est :

- Sable 0/4 mm : béton,
- Sable 0/4 mm : maraicher,
- Sable 0/4 mm : qualifrais,
- Sable 0/4 mm : roulé filtrant.

La profondeur maximale d'extraction autorisée est fixée à 20 m, soit 0 m NGF. Les pentes des bassins doivent être de 33° pour les bassins à sec et 22° pour les zones en eau.

3.2 - MODALITES D'EXPLOITATION - GSM

3.2.1 - EXTRACTION DE MATERIAUX

3.2.1.1 - Modalités initiales

De 2002 à 2004, l'exploitation s'est faite par dragage selon le protocole suivant :

- 1-Décapage terres végétales (création de merlon)
- 2-Extraction par dragage
- 3-Transport hydraulique
- 4-Lavage / criblage

Ce mode d'exploitation induisait un rabattement du niveau d'eau dans le casier d'extraction (de l'ordre de 5 m / terrain naturel), induit par les pompages nécessaires au transport et au lavage des matériaux.

3.2.1.2 - Modalités actuelles

A partir de 2005, la présence d'argile dans les matériaux a conduit à revoir le mode d'exploitation :

- 1-Décapage terres végétales (création de merlon)
- 2-Extraction des matériaux à la pelle mécanique
- 3-Transport par convoyeur à bande
- 4-Transport hydraulique
- 5-Lavage / criblage

La fraction argileuse est extraite par tri :

- Refus de scalpage = 4 à 5% des matériaux extraits ;
- Les « argiles » (matériaux < 63µm) issues du lavage des matériaux dans le process (environ 20%)

Ces matériaux sont utilisés pour la constitution des digues. Les argiles dissociées des matériaux sableux en phase de traitement sont utilisées pour le comblement des bassins (dépôt dans les bassins de décantation du circuit hydraulique). Au total, les matériaux fins représentent environ 25% du gisement.

En cours d'exploitation les pentes des berges sont de l'ordre de 70°. Elles seront de 33° en situation finale de réaménagement.

L'extraction est faite jusqu'à la base du gisement, sans couche résiduelle de sables, dans la limite de la cote minimale de 0m NGF.

La Figure 3 présente l'évolution des volumes extraits sur le site de la Grande Garde, passant d'environ 180 000 tonnes lors de l'ouverture (2003), pour s'établir autour de 307 000 tonnes/an. Le maximum a été enregistré en 2016 avec 370 000 tonnes.

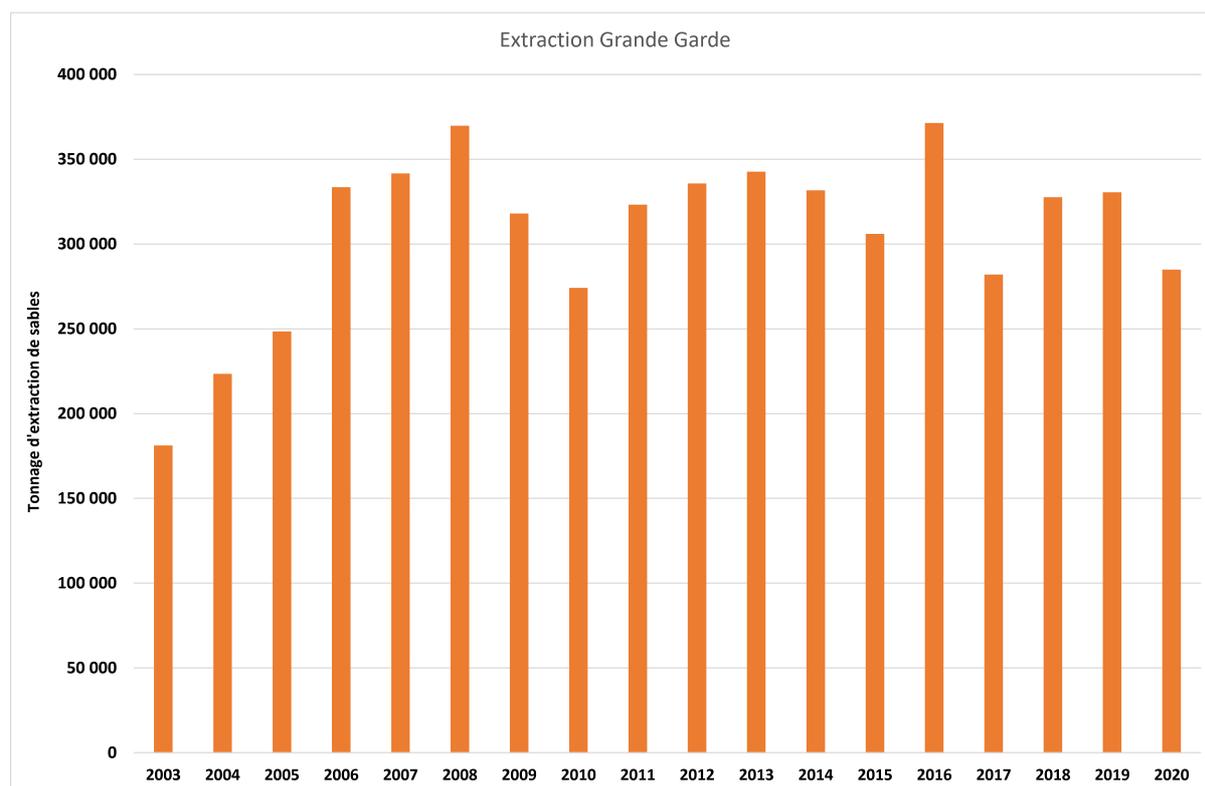


Figure 3 : Volume de matériaux extraits depuis les carrières de GSM et LG

D'après les mesures internes à GSM et de LG, le taux d'humidité en sortie de site est en moyenne de 7%. Ainsi, une exploitation de 250 000 tonnes/an induit une quantité d'eau extraite de 17 500 m³/an.

3.2.2 - PHASAGE DE L'EXPLOITATION DU SITE ACTUEL - ETAT D'AVANCEMENT

L'exploitation a débuté en décembre 2002 par un casier d'extraction localisé au Sud-Ouest du site. Elle s'est poursuivie en progressant globalement du Sud-Ouest vers le Sud-Est, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Les années d'exploitation des différents bassins sont portées sur la Figure 4 en page suivante, laquelle représente la situation d'extraction le 26 octobre 2020.

La Figure 5 présente une projection de l'exploitation au cours entre 2021 et 2023, laquelle portera sur l'exploitation de la partie centrale Sud (jusqu'en octobre 2021). Entre octobre 2021 et octobre 2022, l'extraction portera sur des résiduels de gisement situés entre casiers, au centre et au nord. A partir d'octobre 2022 et en 2023, l'extraction concernera le dernier bassin le plus proche du hameau de la Grande Garde.

Le projet de réhabilitation, tel que prévu en 2020, envisage de conserver la plupart des bassins d'extraction en eau (Figure 6).

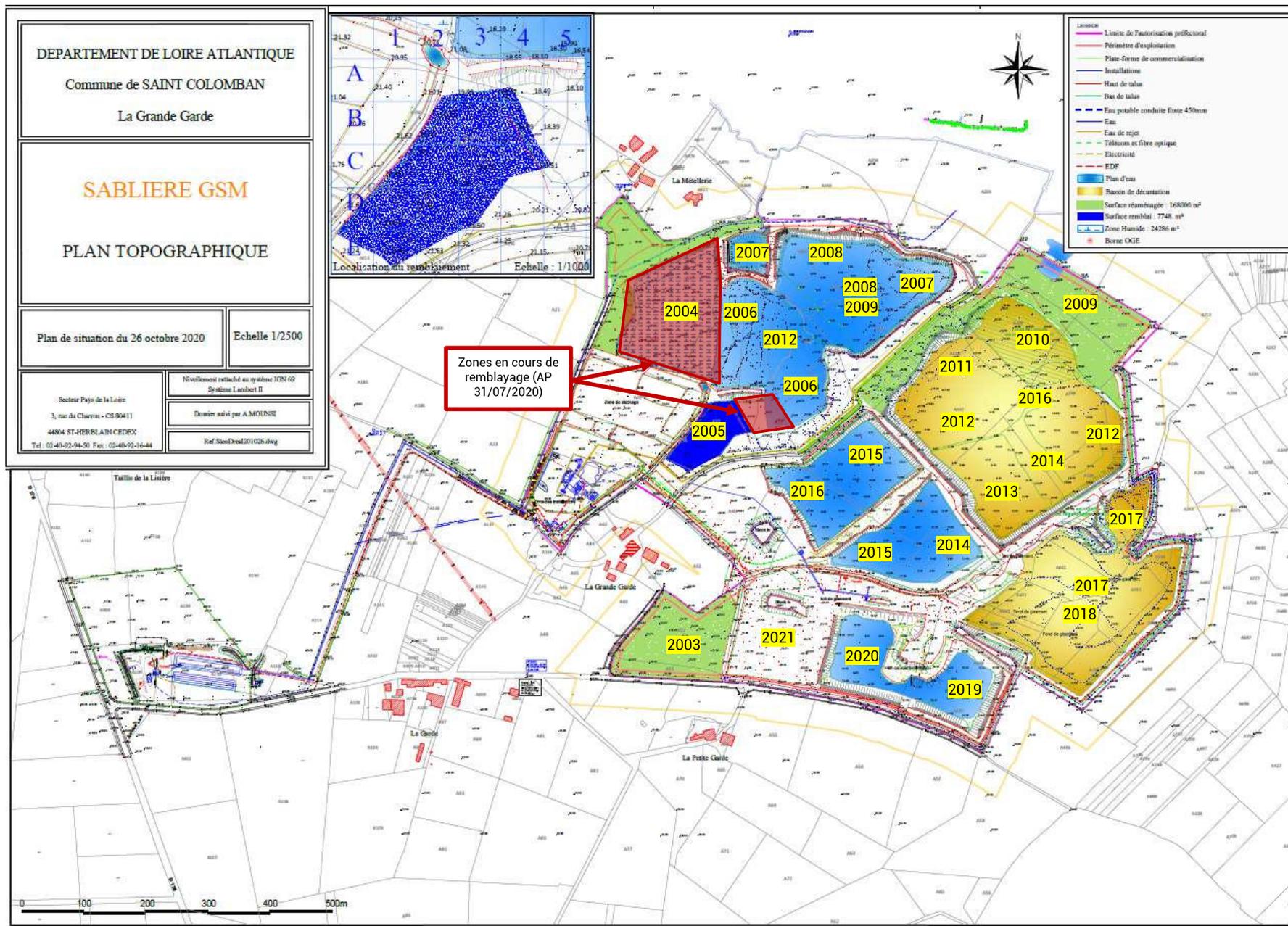


Figure 4 : Situation d'exploitation au 26 octobre 2020 (source GSM) et années d'extraction des bassins

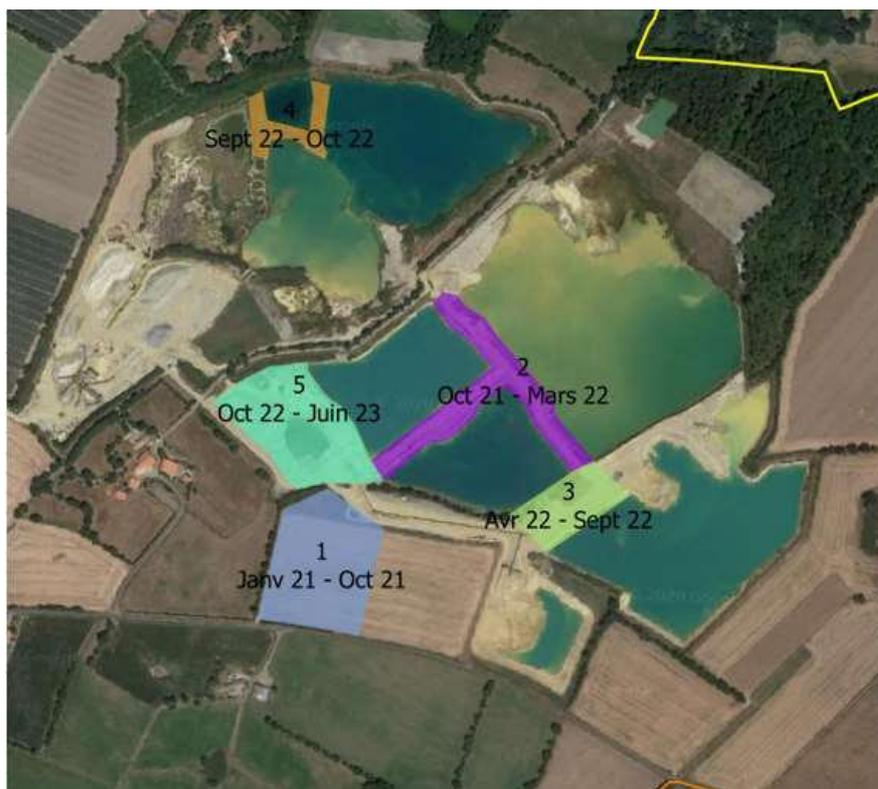


Figure 5 : Projection de l'exploitation de 2021 à 2023 (source : GSM)

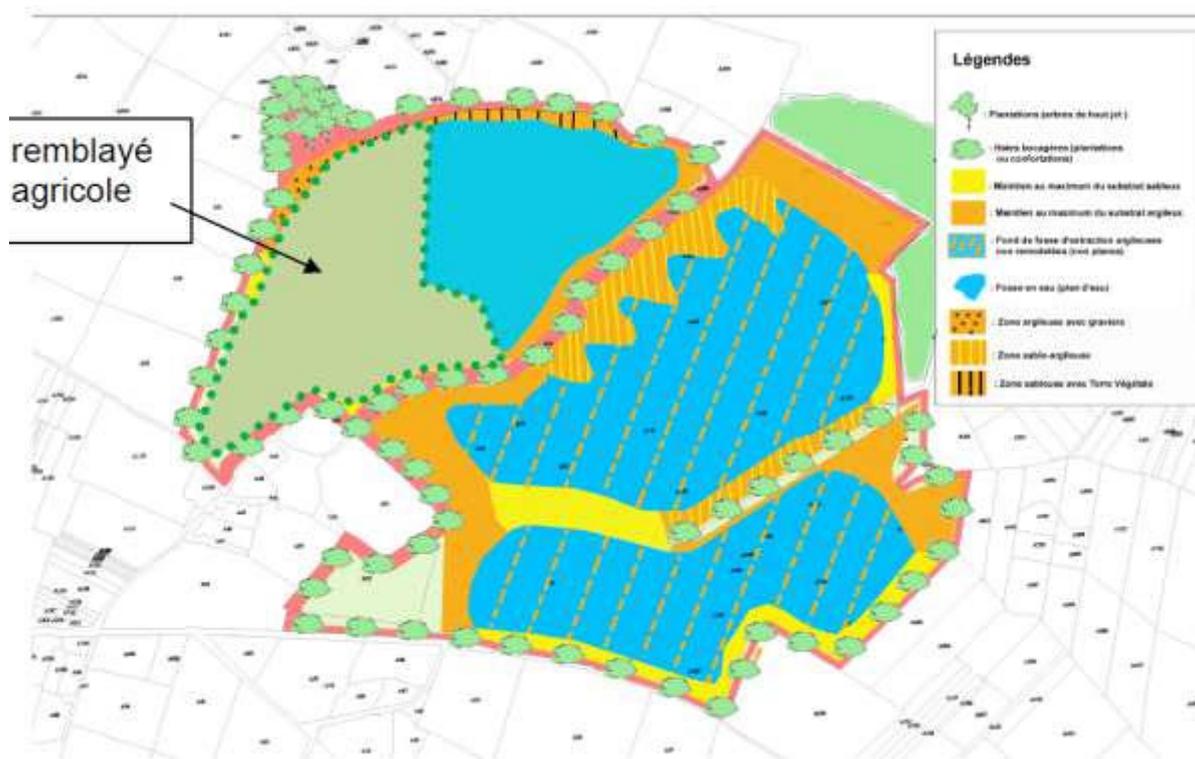


Figure 6 : Plan de réaménagement projeté (source : GSM)

3.2.3 - CIRCUIT DE L'EAU

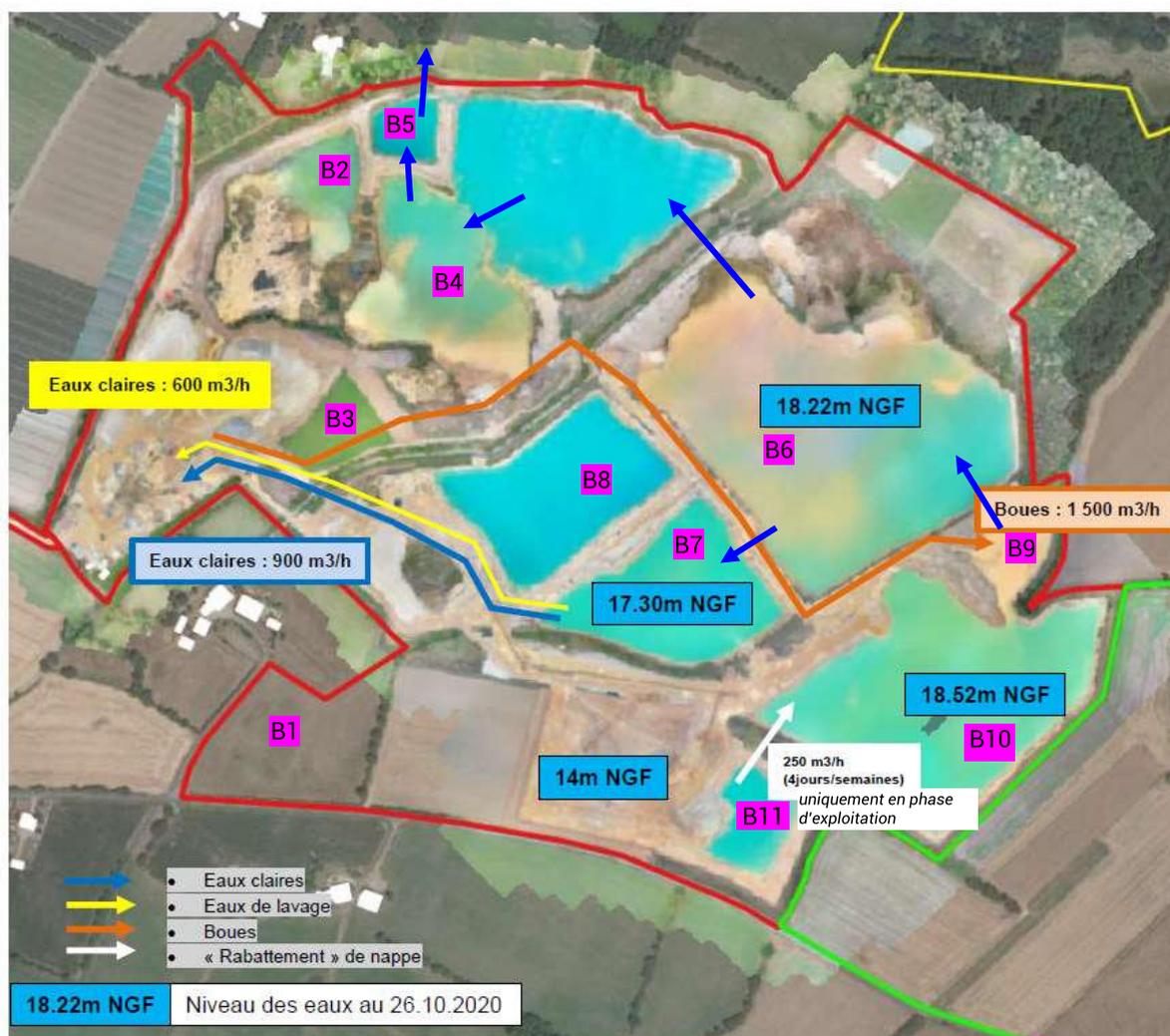
3.2.3.1 - Situation fin 2020

De l'eau est utilisée pour :

- le transport des matériaux : 600 m³/h
- le lavage des matériaux : 900 m³/h

Selon l'avancement de l'exploitation de la carrière, cette eau est pompée directement dans le bassin en cours d'extraction, et/ou dans d'anciens bassins d'extraction maintenus en eau.

A l'automne 2020, pour les besoins d'extraction, un pompage à 250 m³/h est fait dans le B11 vers le B10 (Figure 7). Ensuite, des pompages à 600 et 900 m³/h sont réalisés dans le B7 vers le poussage et lavage. Les eaux issues du traitement chargées en matières fines (estimées au maximum en moyenne à 1200m³/h) sont renvoyées vers le bassin B9 pour décantation. Par des systèmes de surverse entre bassins, les niveaux d'eau s'équilibrent ensuite. Une partie des eaux issues du process ruissellent vers le bassin B4. Par un système de surverse, il alimente le bassin B5 lequel est équipé d'un trop plein (avec compteur) vers le ruisseau du Redour (Figure 8).



→ transfert entre bassins

Figure 7 : Circuit de l'eau au 26/10/2020 (source : GSM)

3.2.3.2 - Volumes rejetés au milieu naturel

L'excédent d'eau présent sur le site est rejeté par surverse via le bassin B5 dans un petit ruisseau affluent du Ruisseau du Redour (Figure 8).



Figure 8 : Photographies du système de comptage et du trop plein

D'après un relevé de plan de GSM du 29/01/2009, la cote fil d'eau de cette buse serait à la cote 16,94 mNGF côté bassin B5.



Figure 9 : Schéma et relevé de niveau du trop plein de la carrière de la Grande Garde du 29/01/2009 (GSM)

Entre février 2009 et juin 2011, GSM réalisait un suivi en continu (Figure 10) montrant :

- des écoulements ou des absences d'écoulement qui ne semblent pas en lien uniquement avec les périodes hydrologiques de hautes eaux et de basses eaux – écoulement à l'automne 2009 puis absence d'écoulement au premier trimestre 2010 en période de hautes eaux ;
- Des débits maximums de l'ordre de 2500m³/j

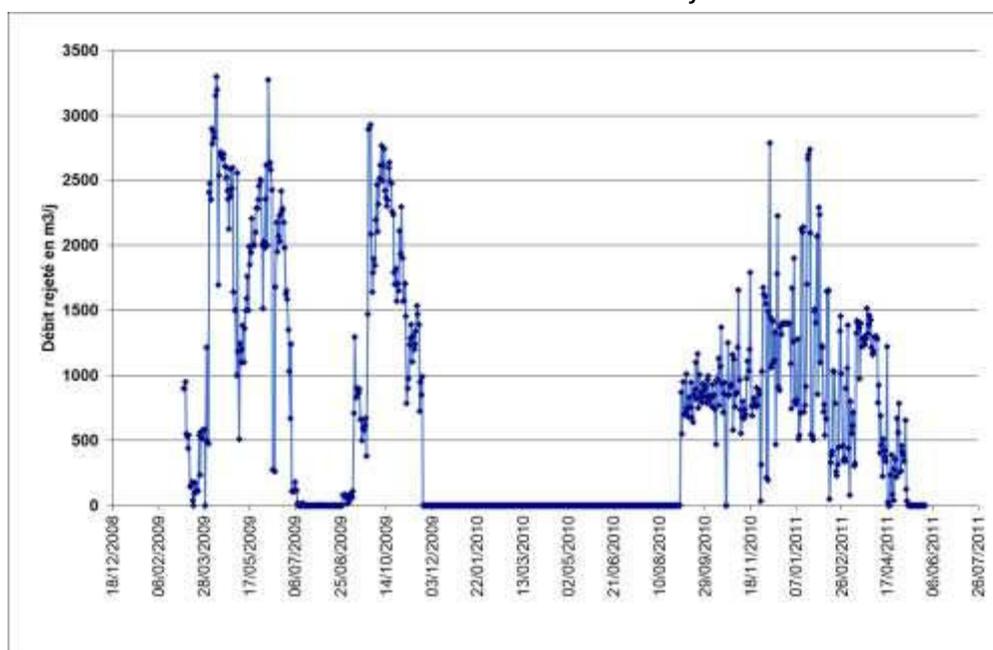


Figure 10 : Suivi des débits par GSM en sortie de la carrière de la Grande Garde entre février 2009 et juin 2011

Jusqu'à la fin 2017, les relevés de compteurs n'étaient pas réguliers. Depuis, les relevés sont effectués à fréquence mensuelle, ce qui montre (Figure 11) :

- une absence d'écoulement en période estivale, entre mai-juin et août-septembre, en fonction des années ;
- des écoulements uniquement en période hivernale (octobre à avril) avec un maximum enregistré entre début mars et début avril 2018 avec près de 330 m³/jour. Ces volumes journaliers sont beaucoup plus faibles que ceux enregistrés en 2009-2010 : 2500m³/j ;
- Un volume annuel (en année civile) très variable : 35 200 m³ en 2018 et 17 300 m³ en 2019 ;
- un défaut de débitmètre entre janvier et octobre 2020 ; d'après l'exploitant, il n'y a pas eu d'écoulement entre mai et octobre 2020, exception faite d'un fort épisode de pluie en juin.

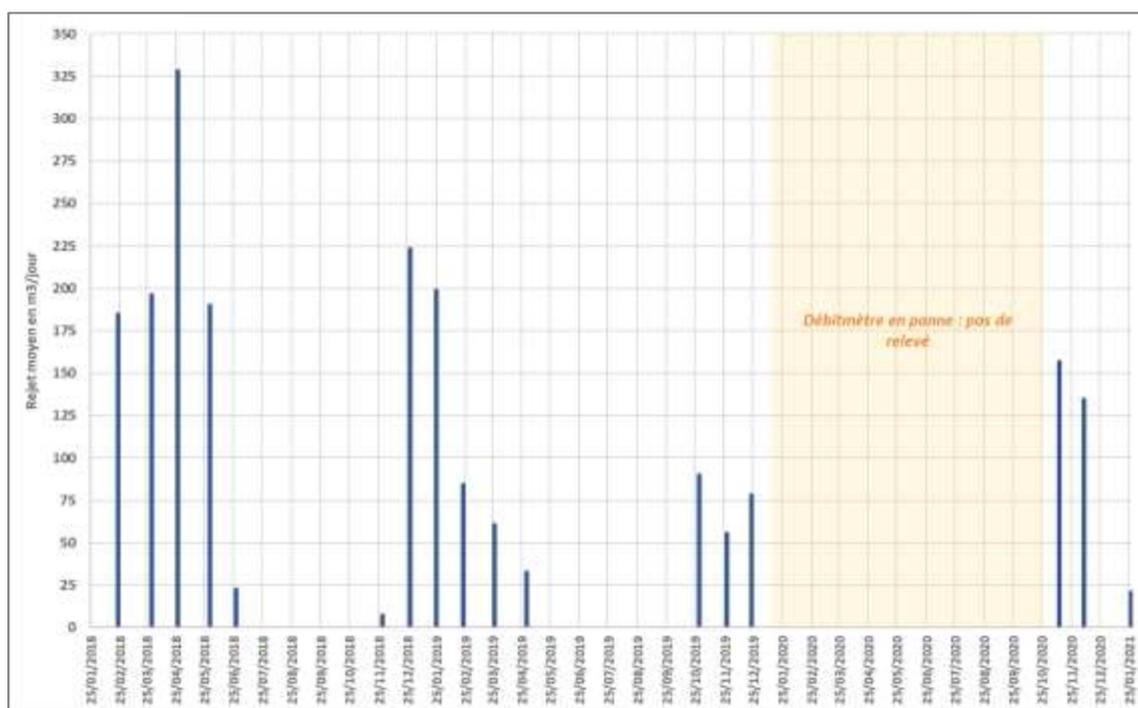


Figure 11 : Volume mensuel rejeté en dehors de la carrière de la Grande Gard vers le ruisseau du Redour (janvier 2018 à janvier 2021)

La comparaison des relevés des débits rejetés depuis la carrière de la Grande Garde sur la période 2018-2021, montre qu'il y a bien une corrélation entre période de hautes eaux et écoulement. Cependant, les débits rejetés ne sont pas proportionnels au niveau d'eau mesuré sur le piézomètre de référence de Noë Grivaud (Figure 12).

Cette même comparaison entre sur les débits de rejets de la carrière de la Grande Garde et les niveaux de nappe piézométriques ne permet pas d'établir de corrélation chiffrée (Figure 13).

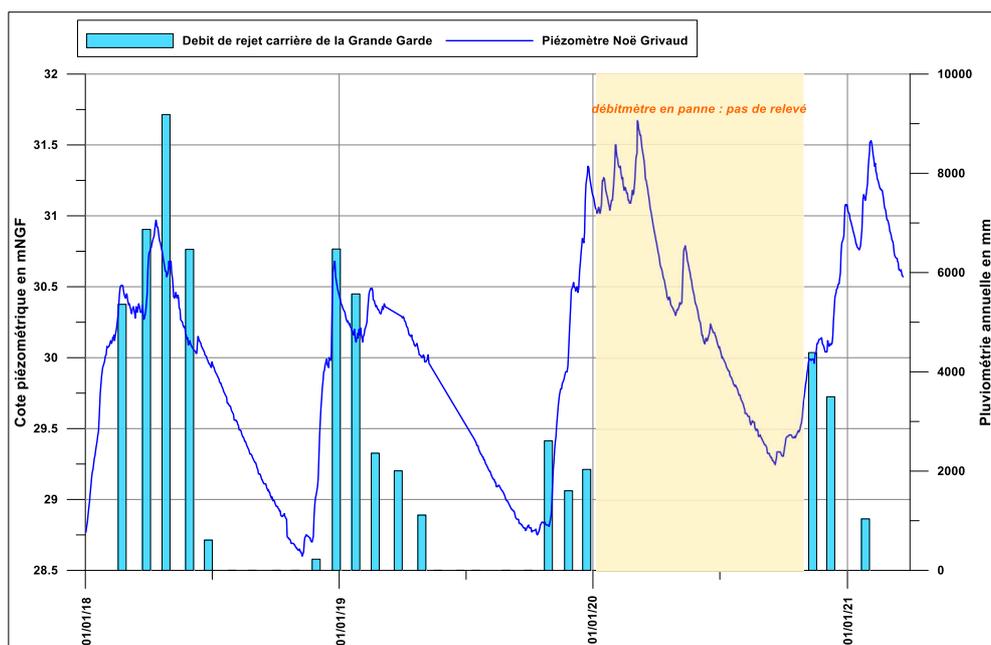


Figure 12 : Piézométrie Noë Grivaud et débit de rejet de la carrière de la Grande Garde

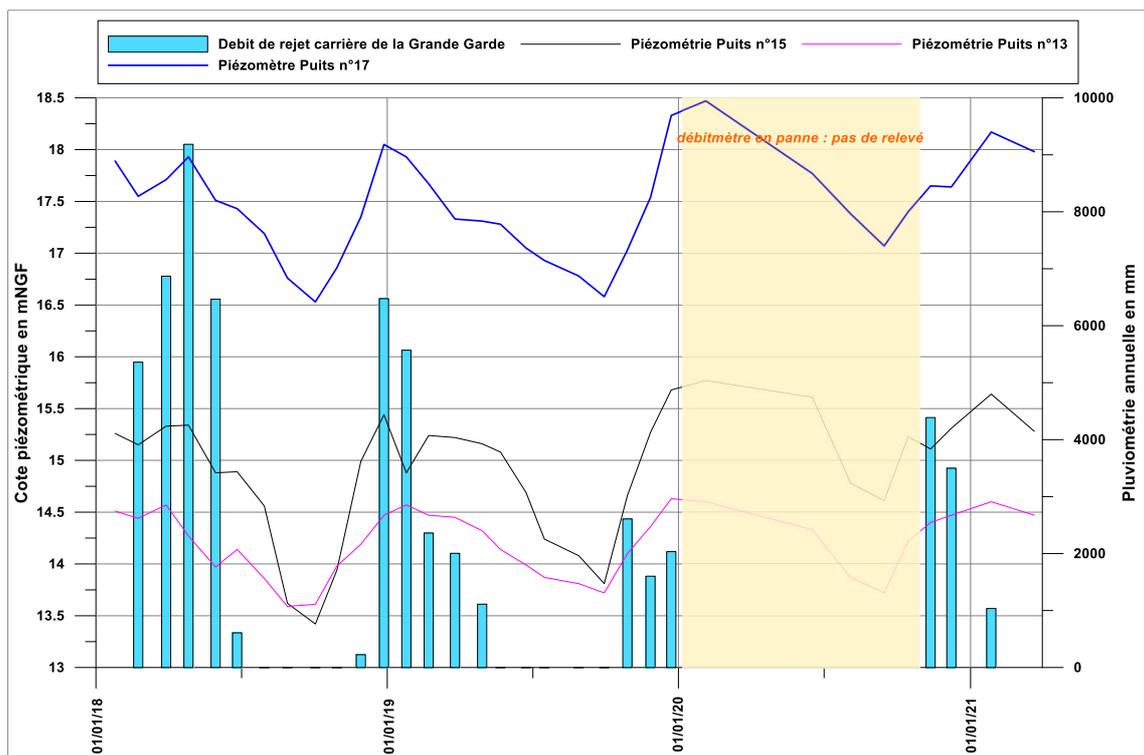


Figure 13 : Piézométries de puits périphériques de la carrière de la Grande Garde et débit de rejet

En conséquence, les écoulements sortant de la carrière de la Grande Garde sont en relation avec les niveaux de nappe globaux, mais aussi en lien avec le système d'exploitation de la carrière qui peut induire plus ou moins de volume d'eaux rejetées au milieu naturel.



4 Géologie

4.1 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000 n°508 du BRGM de Géneston, le projet d'extension de la carrière de la Grande Garde est implanté au droit de formations du Pliocène (Figure 14).

Ces dernières sont composées d'une alternance de graviers et de sables très hétérogènes pouvant atteindre 20 m d'épaisseur. Des lentilles d'argiles sont identifiées localement au sein des sables, pouvant atteindre 2 m d'épaisseur. A la base de cette formation, des faciès argileux sont souvent reconnus.

Les dépôts tertiaires reposent sur un substratum constitué de roches éruptives (granites) et métamorphiques (gneiss – ζ3, micaschistes – ξb², schistes - k). Ce substratum apparaît sur les bordures du bassin sableux, au Sud et à l'Est du site, notamment sur la bordure de la vallée de l'Ognon.

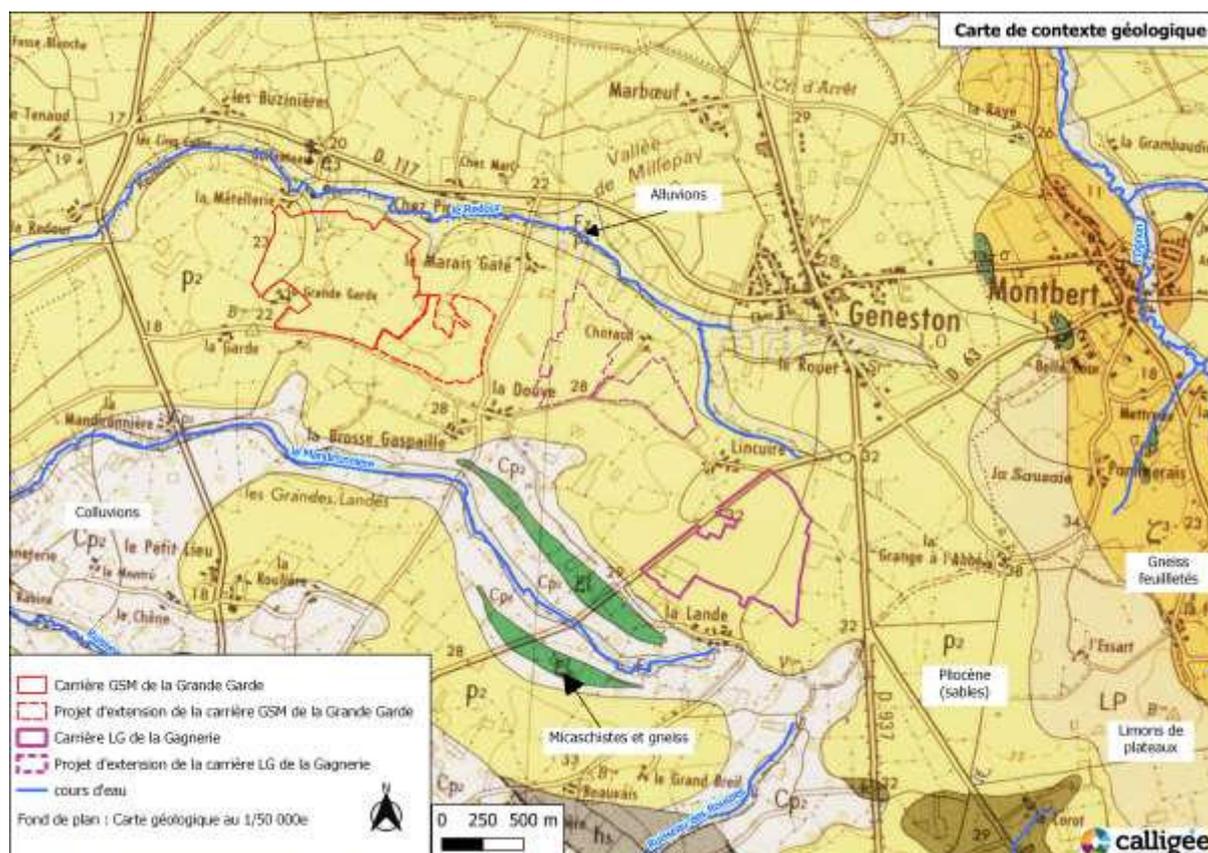


Figure 14 : Contexte géologique

4.2 - GEOLOGIE LOCALE

La géologie est connue à partir des cartes géologiques, des coupes de sondages recensés à la Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM, des affleurements de roches, des reconnaissances ponctuelles menées par le carrier et des observations faites lors de l'extraction des matériaux sur la carrière existante de la Grande-Garde.

L'analyse des coupes fournies par GSM et des données disponibles en BSS (Banque du Sous-Sol du BRGM) permet de préciser les limites d'extension du bassin sédimentaire ainsi que les natures et épaisseurs de gisements.

Dans l'analyse des limites du bassin, sont également prises en compte les connaissances acquises à travers les reconnaissances géologiques faites sur la carrière actuelle et son projet d'extension.

Les recouvrements sableux sont peu épais sur les bordures Est et Sud du bassin.

On observe un approfondissement du bassin du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

Au droit du projet de carrière, les épaisseurs de gisement varient entre 6m en limite Est et près de 18m en limite Nord-Ouest, avec des variations locales de plusieurs mètres (Figure 15).

Comme observé sur la carrière de la Grande-Garde, les sondages au droit du projet mettent en évidence des variations latérales de lithologie. Les épaisseurs de stériles (matériaux sablonno-argileux de recouvrement non valorisable, faciès argileux au sein de la matrice sableuse ou à la base des dépôts pliocènes) peuvent localement atteindre plusieurs



5 Réseau hydrographique

5.1 - CONTEXTE

Le projet d'extension de la carrière de la Grande Garde est implanté en limite Sud du bassin versant topographique du Ruisseau du Redour (Figure 16), en limite avec le bassin versant du ruisseau de la Mandironnière.

Le ruisseau du Redour prend sa source dans le bourg de Géneston. Le trop plein du plan d'eau d'agrément de Géneston apporte un écoulement même en période de basses eaux. Ce ruisseau d'orientation Est/Ouest passe au nord de la sablière actuelle, puis conflue avec la Boulogne à environ 3,8 km de la carrière de la Grande Garde.

Le ruisseau de la Mandironnière prend sa source au hameau de la Lande. Il s'écoule d'Est en Ouest, passant au sud de la carrière de la Grande Garde et de son projet d'extension. C'est un affluent du ruisseau de la Gergue lequel est un affluent de la Boulogne.

Le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) initial de la carrière de la Grande Garde indique la présence de seuils sur le Ruisseau du Redour à hauteur du hameau de la Métellerie (au nord de la carrière) et du hameau du Redour (en aval hydrologique de la carrière). Ces seuils, dont les caractéristiques (types, côtes, fonctionnement et usages) ne sont pas connues, ralentiraient les écoulements et pourraient influencer le niveau de la nappe des Sables au droit de ces secteurs.

De nombreux mares et plans d'eau sont recensés sur les deux bassins versants.

La typologie de chacun de ces points d'eau n'est pas connue précisément. Ceci étant, il apparaît que tout ou partie de ces ouvrages est en connexion, soit avec la nappe productive des sables pliocènes, soit avec la nappe contenue dans les formations d'altération du socle.

D'après le contexte hydrogéologique et les observations de terrain dans la vallée du Redour, certains de ces plans d'eau sont des excavations plus ou moins profondes permettant l'affleurement de la nappe. Ces plans d'eau sont à des usages d'agrément ou de prélèvement pour l'irrigation, notamment pour le maraîchage.

Le site s'inscrit dans la masse d'eau superficielle « FRGR0552 : La Boulogne et ses affluents depuis la source jusqu'au lac de Grandlieu ».

5.2 - DONNEES LOCALES DE DEBIT

5.2.1 - OUVRAGES DE REFERENCE

Depuis le début d'année 2021, les carriers GSM et LG réalisent, en complément de leur suivi piézométrique, un suivi mensuel des débits des ruisseaux du Redour (4 points) et de la Mandironnière (3 points) (Tableau 1 et Figure 17).

Tableau 1 : Liste des points de suivi des cours d'eau en dehors des carrières

Point de suivi	X-RGF93-CC47	Y-RGF93-CC47	Période de suivi	Organisme de suivi	Type de suivi	Repère	Cote repère mNGF)
Redour aval plan d'eau	1356827,3	6215835,5	Depuis janvier 2021	LG	Niveau et débit	Base buse	23.17
Redour Marais Gâté	1355625,7	6216494,6	Depuis janvier 2021	LG	Niveau et débit	Base buse	18.92
Redour Amont (La Métellerie)	1354231	6216734	Depuis mars 2021	GSM	niveau	Haut buse	16.76
Redour Aval (RD 178)	1353001	6216464	Depuis mars 2021	GSM	niveau	Haut buse	13.78
Mandironnière - Brosse Gaspaille	1355164,9	6214894,1	Depuis janvier 2021	LG	Niveau et débit	Base buse	18.70
Mandironnière - RD63	1355862,5	6214020,9	Depuis janvier 2021	LG	Niveau et débit	Base buse	22.75
Mandironnière aval (RD 178)	1353471	6215177	A partir d'avril 2021	GSM	Niveau	Haut buse	14.18

Il n'existe pas de station hydrométrique sur les ruisseaux de la Mandironnière et du Redour, ni même sur la Boulogne (qui en est l'exutoire), en amont du Lac de Grand-Lieu. La station hydrométrique de référence la plus proche est celle de Villeneuve (M8205020) sur l'Ognon aux Sorinières, dans un contexte hydrogéologique et morphologique comparable (cours d'eau à faible pente au sein d'un bassin sableux).

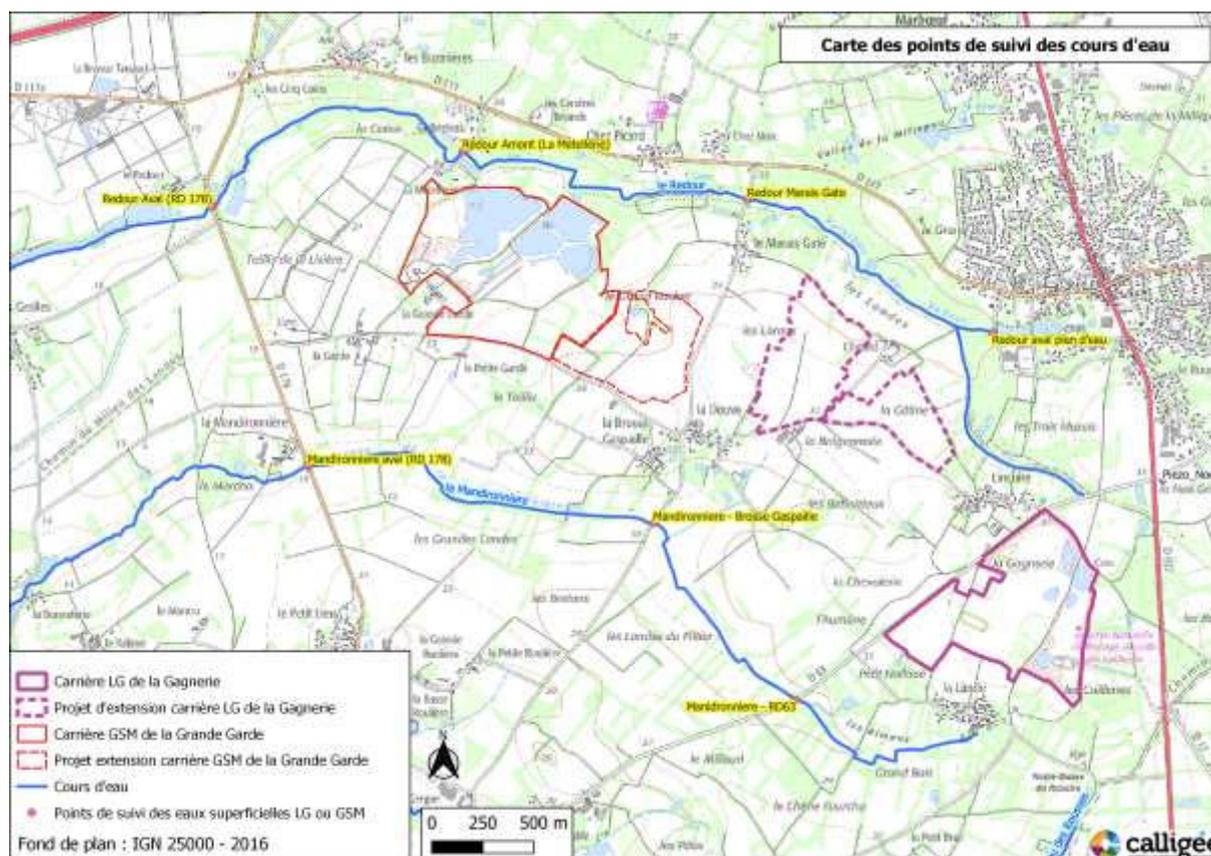


Figure 17 : Points de suivi des eaux superficielles

5.2.2 - MESURES DE DEBIT

5.2.2.1 - Station hydrométrique de référence

La station hydrométrique la plus proche, et drainant un bassin versant assez comparable en terme de morphologie et d'aquifères drainés (socle et sables) est celle des Sorinières sur l'Ognon, située à environ 8 km au nord du projet. Elle met en évidence un régime hydrologique très variable entre l'hiver (2,4 à plus de 3,2 m³/s de décembre à février), alors qu'il est quasi nul en étiage (en moyenne 0,055m³/s en août) – (Figure 18). Le delta hiver/été représente un facteur 50 sur la base des débits moyens mensuels, et un facteur 160 pour les débits mensuels 2021.

En année moyenne, la lame d'eau écoulee est de 253 mm (sur la période 1964-2022), soit un débit spécifique 2 523 m³/ha/an.

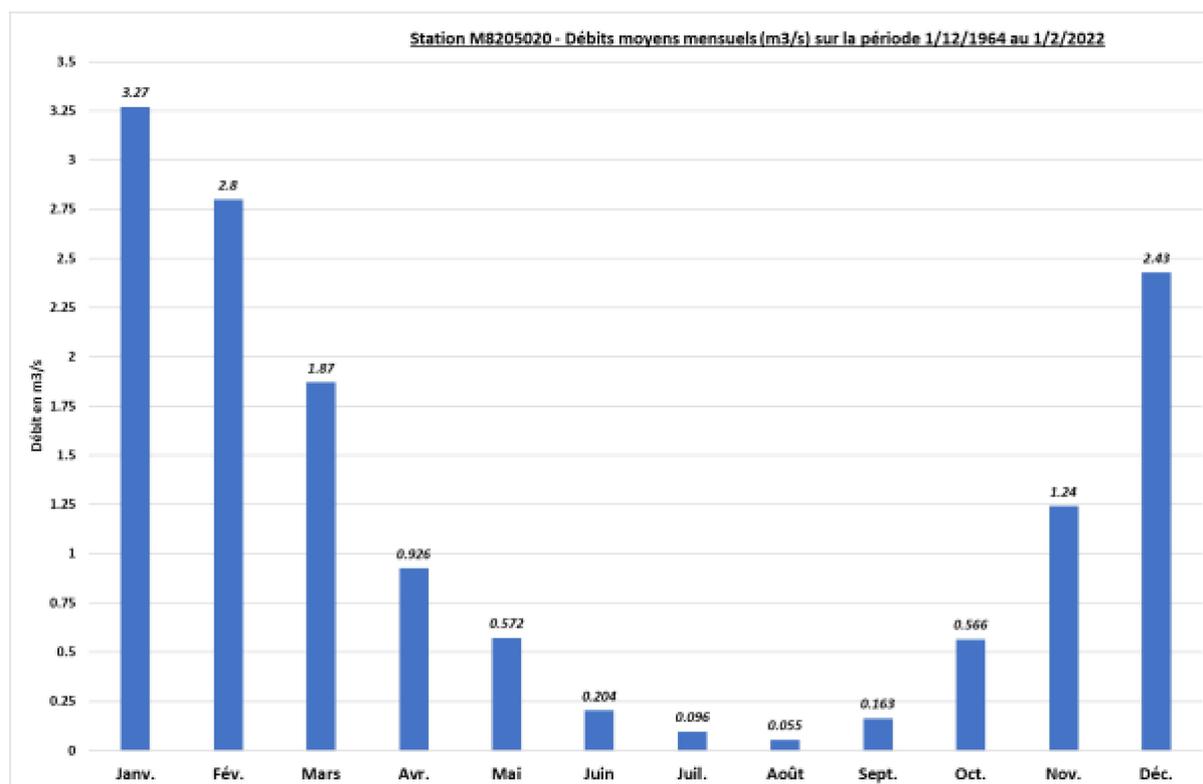


Figure 18 : Débits moyens mensuels de l'Ognon à la station des Sorinières (source : Hydroportail)

5.2.2.2 - Mesures locales

Les sociétés GSM et LG réalisent des suivis sur les ruisseaux du Redour et de la Mandironnière. A l'amont, les suivis d'écoulement sont traduits en débit et en hauteur d'eau (retranscrites en cote NGF). En aval, seuls des niveaux d'eau ramenés en cote NGF sont réalisés.

5.2.2.2.1 Approche débimétrique

Les mesures de débits réalisées sur le Redour et la Mandironnière entre janvier 2021 et avril 2022 montrent :

- Des variations de débits cohérentes entre elles et sur les deux cours d'eau,
- Une augmentation importante du débit du Redour entre la sortie du plan d'eau (bourg de Géneston) et le hameau du marais Gâté : hausse du débit de 115% en étiage et de plus de 1000% en hautes eaux, **ce qui signifie des apports importants par la vidange de la nappe sur ce linéaire** ;
- Des écoulements continus du Redour sur l'ensemble du linéaire observé, et ce, même en période d'étiage ;
- Des assecs du ruisseau de la Mandironnière sur la majeure partie de l'année à hauteur de la RD63, et des assecs limités à la période d'étiage plus en aval à hauteur de la Brosse Gaspaille. Ceci est cohérent avec la nature du bassin versant drainé qui en amont est constitué principalement par un substratum de socle avec une nappe peu productive, alors qu'en le ruisseau de la Mandironnière draine en partie la nappe des sables pliocènes plus productive (7.1 -).
- Ainsi, les augmentations de débits entre l'amont et l'aval de la Mandironnière sont très importantes (+300 à +600%).

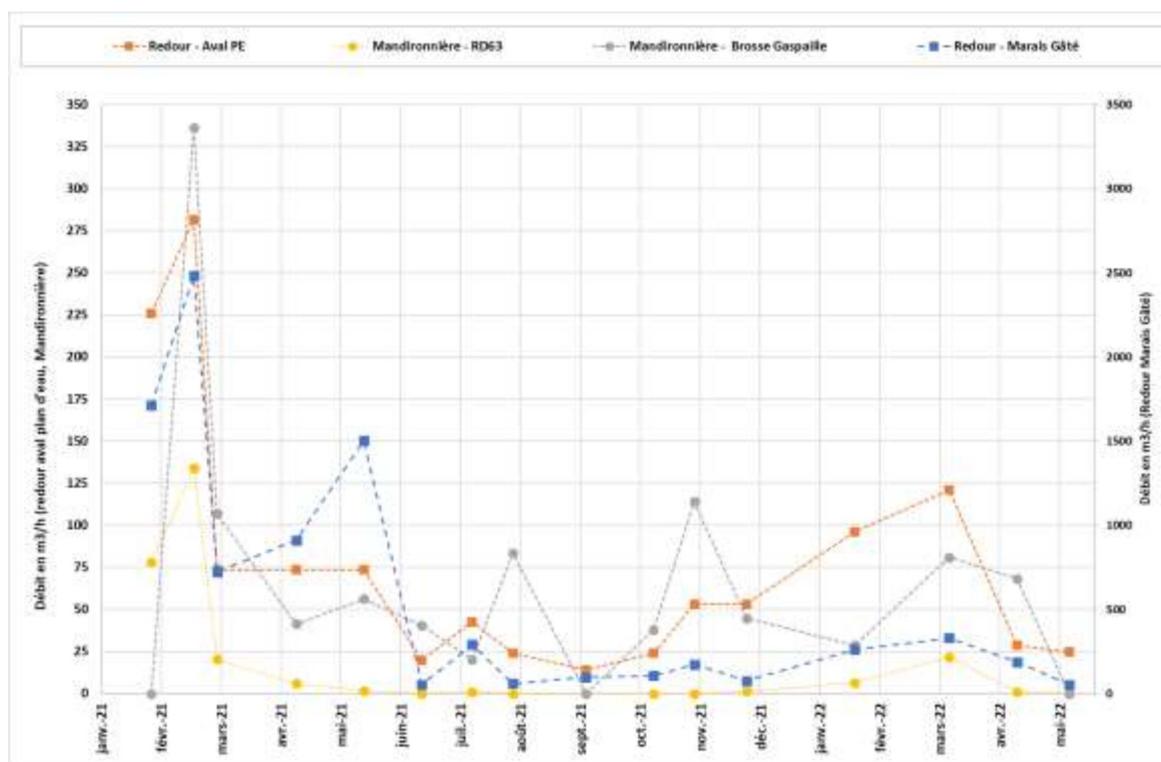


Figure 19 : Mesures de débit du Redour et de la Mandironnière

5.2.2.2.2 Approche en hauteur d'eau

A partir des relevés de hauteur d'eaux aux points de suivi, et de relevés topographiques des repères, une évaluation des cotes fil d'eau du Redour et de la Mandironnière ramenée en cote en mNGF est présentée ci-après. Elle indique :

- Sur le Redour, le niveau d'eau en aval du plan d'eau est relativement contraint d'où une cote qui varie peu ;
- Le profil de cote fil d'eau entre la sortie du plan d'eau et le Marais Gâté a une pente régulière de de l'ordre de 0,29%. Elle est également régulière mais moins marquée vers l'aval (0,20%) entre le Marais Gâté, La Métellerie et la RD178.
- Au point de suivi Brosse Gaspaille, le niveau d'eau de la Mandironnière est 3cm plus bas le 18 février 2021 comparativement au 27 janvier 2021, alors que le débit aurait augmenté de 45% passant de 1714 à 2483 m³/h. De plus, cette forte augmentation de débit n'est pas enregistrée sur les autres points de suivis. Ceci conduit à suspecter une erreur d'évaluation du débit en date du 18 février 2021 au point Brosse Gaspaille.

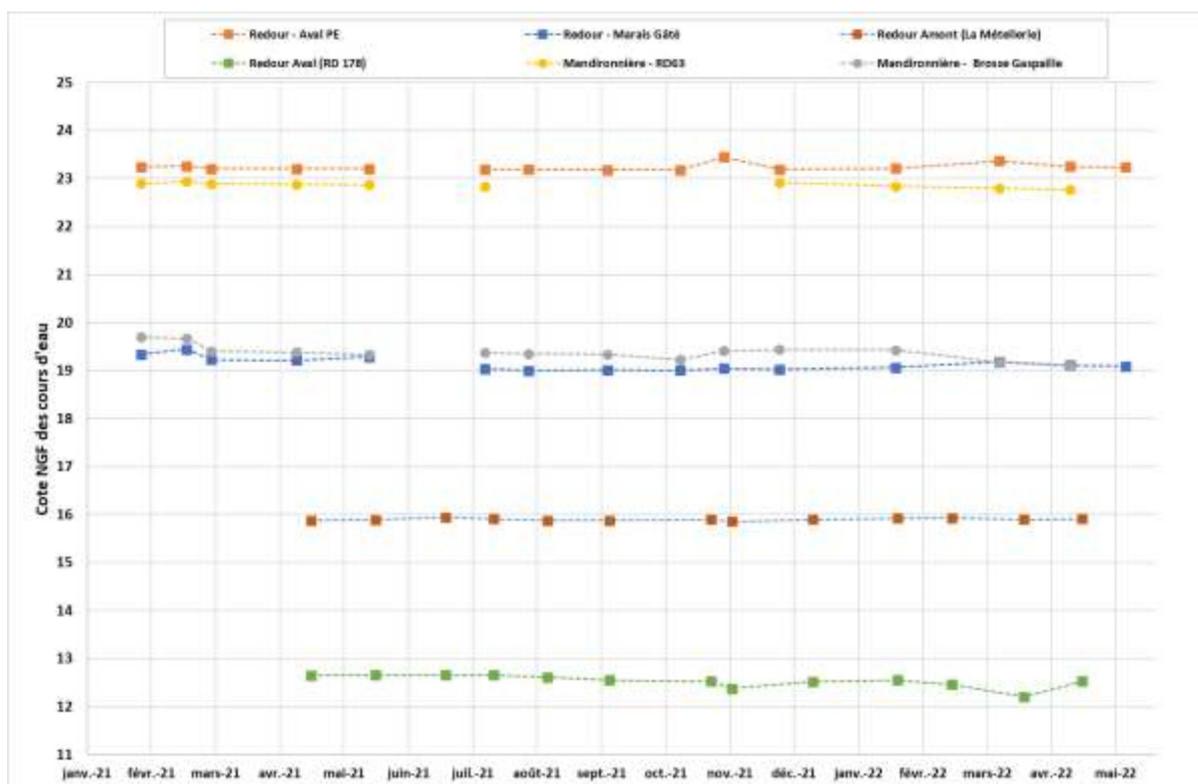


Figure 20 : Evaluation des côtes du Redour et de la Mandironnière

5.2.3 - RESEAU ONDE

D'après les observations du réseau ONDE (Observatoire National des Etiages) sur la période 2012-2022, le Redour à la station M8150001 en amont de la confluence avec la Boulogne présente :

- en fin d'étiage (septembre), des assecs 3 années sur 11, des écoulements visibles mais faibles 2 années sur 11 ;
- au cours des été, des assecs ponctuels ou prolongés 5 années sur 11 ;
- seulement durant l'été 2013 et 2021 des écoulements continus.



Tableau 2 : Résultats des campagnes d'observation du réseau ONDE sur le Redour (extrait : www.eaufrance.fr)

5.3 - QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES

Sur le Redour, il existe deux stations de suivi de la qualité des eaux à hauteur du hameau de la Métellerie (04681001) et à hauteur du hameau des Grolles (04681000), toutes deux en aval du projet de carrière.

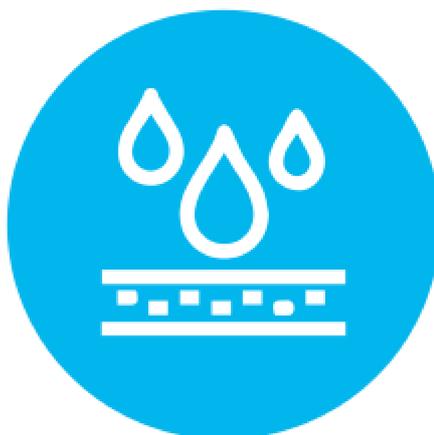
Ceci étant, seules quelques mesures ont été faites en 2016 concluant sur les deux stations :

- état écologique moyen,
- état biologique moyen,

La masse d'eau FRGR0552 « Boulogne et ses affluents depuis la source jusqu'au lac de Grandlieu » présentait :

- un état écologique médiocre en 2017 (similaire depuis 2011),
- un bon état chimique en 2018

Sur cette masse d'eau superficielle, l'objectif de bon état écologique, bon état chimique et bon état global est fixé à échéance 2027 d'après le SDAGE 2022-2027.



6 Pluviométrie

6.1 - CHRONIQUE

6.1.1 - STATION LA PLUS PROCHE

La station météo la plus proche du projet est celle de Saint-Philbert de Grand-Lieu, distante de moins de 9km de la carrière de la Grande Garde vers l'Ouest (11km de la carrière de la Gagnerie).

L'analyse des pluviométries sur la période 1996-2021 (source : MétéoFrance) montre :

- Une moyenne annuelle de 889mm ;
- Une pluviométrie annuelle minimale de 547mm en 2005
- Une pluviométrie annuelle maximale de 1142mm en 2020
- Une pluviométrie de recharge (octobre à mars) moyenne de 596mm,
- Une pluviométrie de recharge minimale de 354mm durant l'hiver 2004-2005,
- Une pluviométrie de recharge maximale de 797mm durant l'hiver 2006-2007 ;
- une pluviométrie 2021 proche de la moyenne (860mm).

Les modélisations hydrogéologiques (voir 9.3 -) s'appuient sur des années aux pluviométries moyennes. Ainsi, les années 2003, 2010, 2014 et 2015 présentant des valeurs moyennes de pluviométries car +/- égales à 10% de la pluviométrie totale et +/- 10% de la pluviométrie de recharge. Au regard des seules pluviométries annuelles, l'année 1998 pourrait également être considérée comme une année « moyenne ».

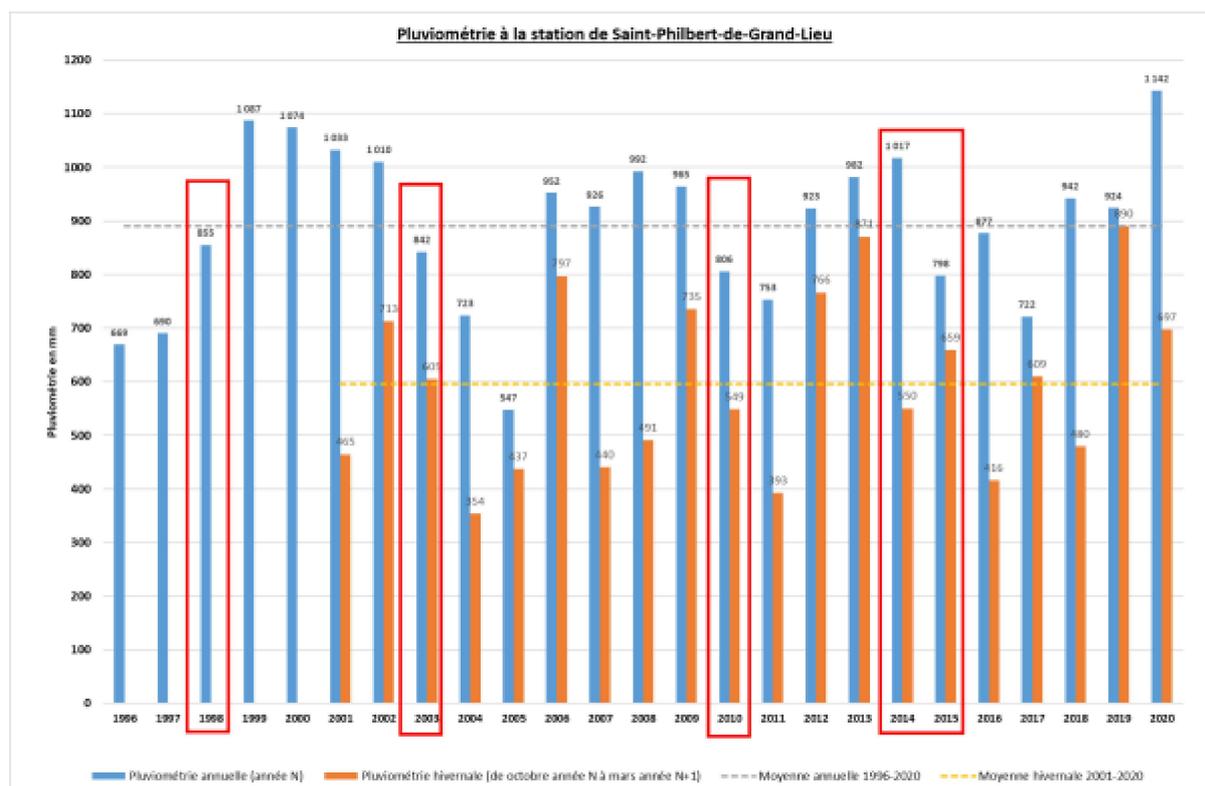


Figure 21: Pluviométrie à la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu

L'analyse des données pluviométriques peut s'approcher par cycle hydrologique, de septembre de l'année N-1 à août de l'année N. Ainsi, comme présenté en figure suivante, il peut y avoir quelques années un certain delta de pluviométries, notamment en 2001, 2002, 2006, 2007, 2019

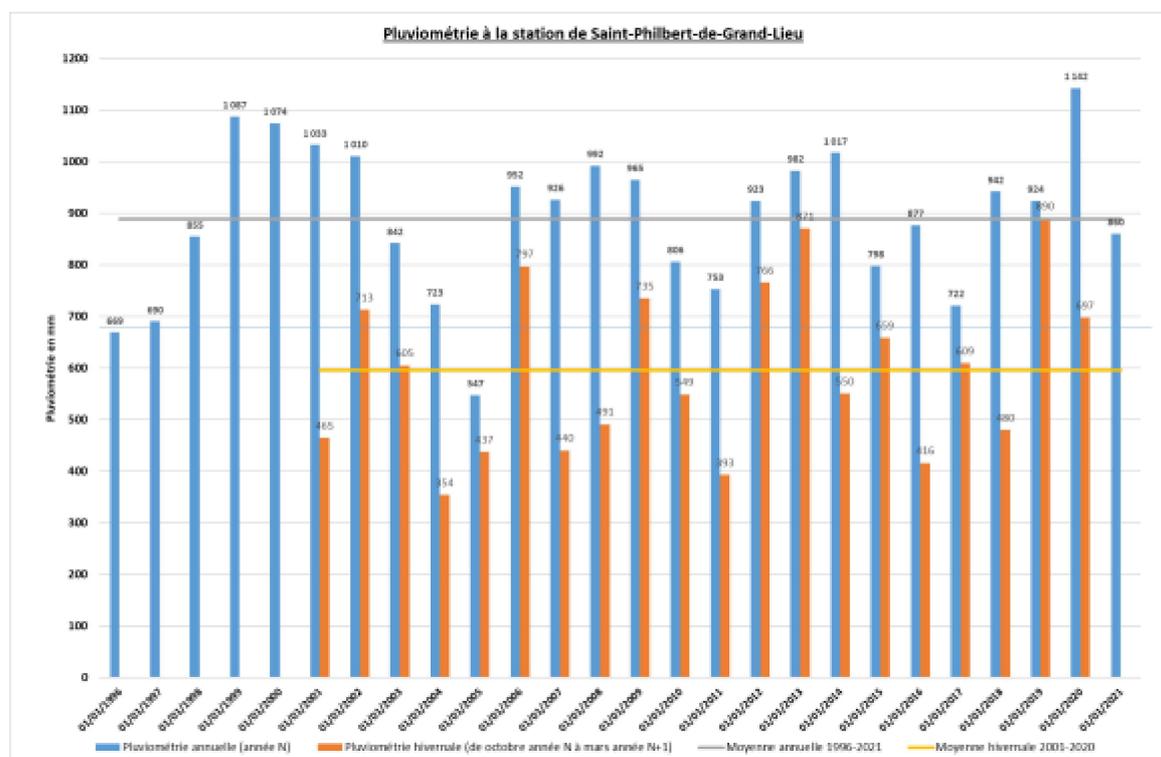


Figure 22: Comparaison de la pluviométrie à la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu en année cycle et par cycle hydrologique

6.1.2 - PLUVIOMETRIE A NANTES

La station météorologique de Nantes-Bouguenais est située à environ 13km au nord du projet. Les relevés pluviométriques sur la période 1996-2020 (source : MétéoFrance) montre :

- Une pluviométrie moyenne de 820mm/an, soit 69mm de moins que la pluviométrie moyenne enregistrée à Saint-Philbert de Grand Lieu, soit 10% ;
- Les variations pluviométriques entre les deux stations ont dépassé les 15% à 6 reprises au cours des 20 dernières années, atteignant -23% à la station de Nantes en 2020 ;
- Les maximums de pluviométrie annuelle sont enregistrés en 1999 et 2018 avec respectivement 1087 et 995 mm/an ;
- Le minimum de pluviométrie annuelle est enregistré en 2005 avec 558mm ;

En conséquence, bien que non éloignée du projet, la station de Nantes-Bouguenais présente des pluviométries significativement différentes de celles de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu. Cette dernière semble la plus représentative car située à égale distance de la Loire, laquelle peut avoir un rôle important lors des épisodes pluvieux.

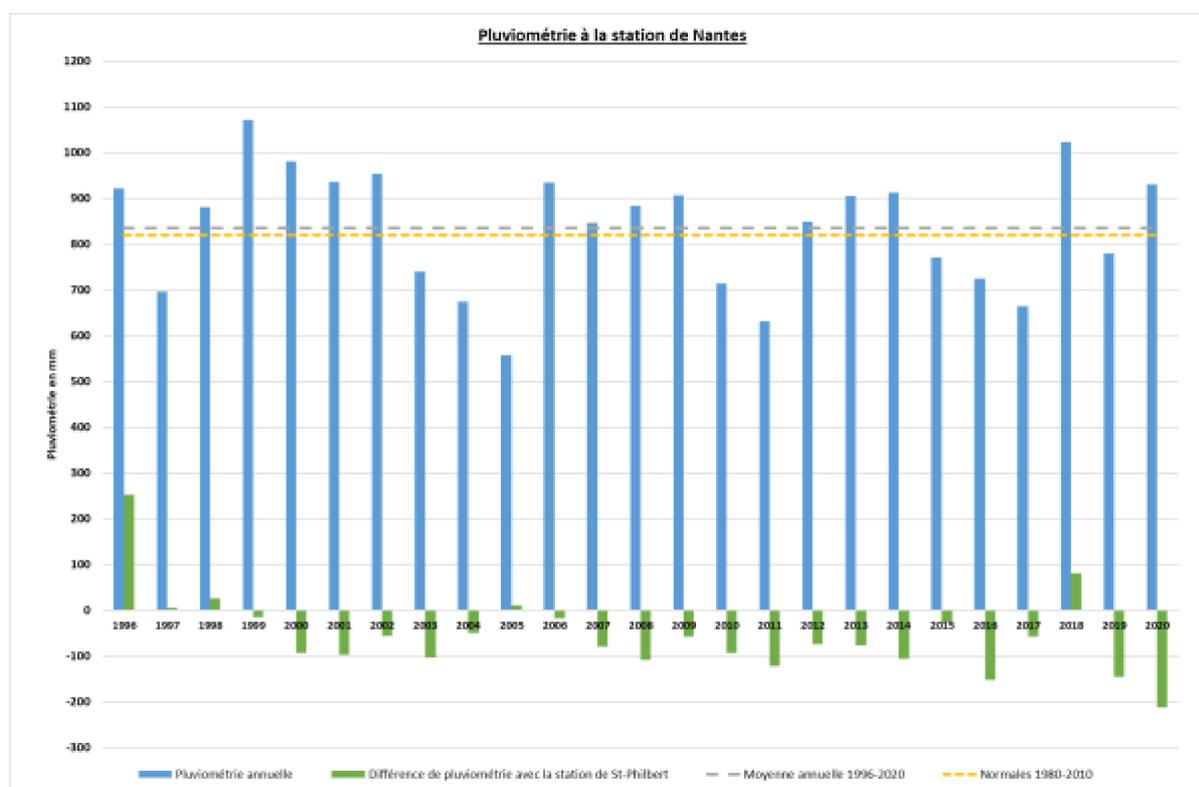


Figure 23: Pluviométrie à la station de Nantes-Bouguenais comparée à celle de la station de St Philbert-de-Grand-Lieu

Des mesures réalisées par un riverain de la Lande ont été comparées à celle de la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu pour l'année 2020 (Figure 24). Le maximum de différence est observé en mai avec 36mm supplémentaire localement. Cependant, le cumul de la pluviométrie annuelle est très proche (seulement 6mm d'écart). En conséquence, la station de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu est jugée représentative des pluviométries locales.

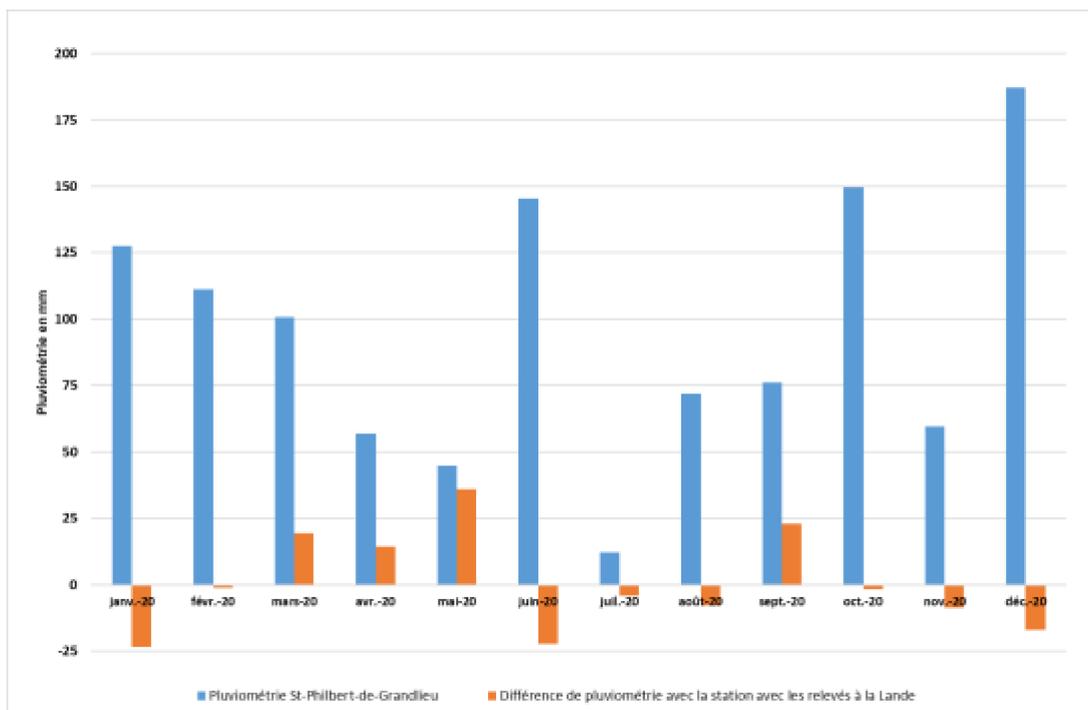


Figure 24 : Comparaison de la pluviométrie à la station MétéoFrance de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu et des relevés locaux à la Lande

6.2 - BILAN HYDRIQUE

La « recharge » de la nappe est évaluée à partir d'un bilan hydrique qui s'appuie sur le schéma de principe ci-après.

Les eaux de pluie (1) pénètrent dans le sol par infiltration. Une part de cette eau est utilisée directement par la plante qui va la transpirer (2) ou elle s'évapore (3) sous l'effet des températures et du vent. Une autre partie de l'eau va venir recharger la réserve utile (4) du sol superficiel. Une fois la réserve utile pleine, la quantité d'eau résiduelle ruisselle (5) si les terrains sont peu perméables, ou s'infiltre (6) en profondeur si les terrains sont perméables venant ainsi recharger la nappe.

Pour satisfaire les besoins de la plante et l'évaporation, la réserve utile est mobilisée jusqu'à ce qu'elle soit vide. Ainsi, le bilan hydrique permet de calculer l'évapotranspiration réelle qui s'appuie sur les valeurs mensuelles de pluviométrie, d'évapotranspiration potentielle (fournie par Météofrance) et de réserve utile. Il permet également de calculer la recharge de la nappe.

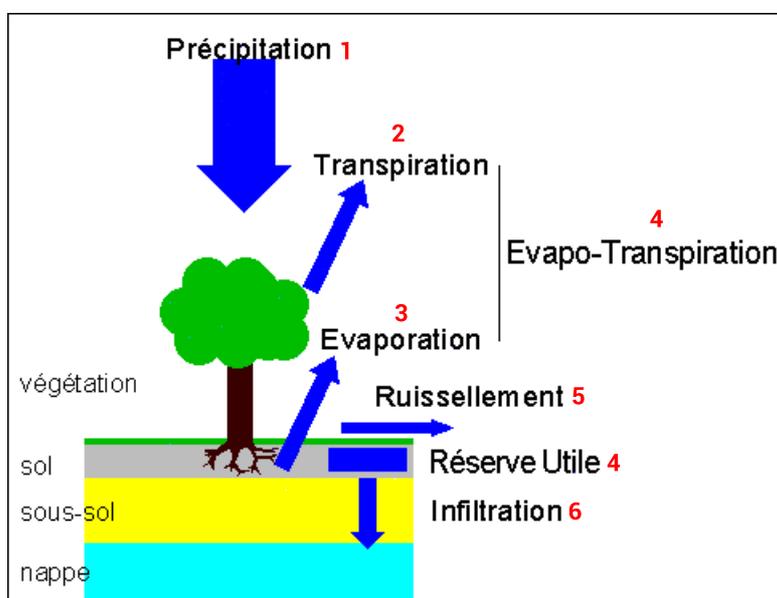


Figure 25 : Cycle de l'eau (source : université de Picardie)

Pour une meilleure représentativité, nous considérons pour la réalisation d'un bilan hydrique global, préférentiellement les normales calculées sur 30 ans.

Pour le projet, il conviendrait de réaliser ce bilan à partir des données de la station météorologique de Saint-Philbert de Grand Lieu, qui, comme démontré précédemment semble la station la plus représentative du contexte local. Or, sur cette station, les données d'ETP moyennes sur 30 ans (évapotranspiration potentielle) ne sont pas disponibles.

En conséquence, les données consolidées de la station la plus proche, celles de Nantes Bouguenais, sont utilisées pour connaître la recharge moyenne de la nappe. Le bilan hydrique, considérant une réserve utile ou réserve facilement utilisable (RFU) de 100 mm met en évidence :

- Une pluviométrie moyenne annuelle de 819.5 mm ;
- Une évapotranspiration réelle de 583 mm ;
- Une pluviométrie efficace de 236,5 mm ;

- En considérant une infiltration majoritaire dans les terrains sableux (95%), la recharge moyenne de la nappe serait de l'ordre de 225 mm/an.

Tableau 3 : Bilan hydrique à la station de Nantes-Bouguenais (moyenne 1991-2020)

	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	TOTAL
P (mm)	87.9	67.5	58.4	58.3	61	48.5	44.2	50.3	59.5	88.8	94.1	101	819.5
ETP (mm)	12.3	25.2	55.8	89.6	120.5	141.9	148.5	124.1	84.3	41.4	15.5	11	870.1
P -ETP (mm)	75.6	42.3	2.6	-31.3	-59.5	-93.4	-104.3	-73.8	-24.8	47.4	78.6	90	
RFU (mm)	100	100	100	68.7	9.2	0	0	0	0	47.4	100	100	
ΔRFU (mm)	0	0	0	-31.3	-59.5	-9.2	0	0	0	47.4	52.6	0	
ETR (mm)	12.3	25.2	55.8	89.6	120.5	57.7	44.2	50.3	59.5	41.4	15.5	11	583
P Efficace (excédent en mm)	75.6	42.3	2.6	0	0	0	0	0	0	0	26	90	236.5
Recharge nappe (95% pluies efficaces)	71.8	40.2	2.5	0	0	0	0	0	0	0	24.7	85.5	224.7
Ruissellement (5% pluies efficaces)	3.8	2.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.3	4.5	11.8
Déficit (mm)	0	0	0	0	0	84.2	104.3	73.8	24.8	0	0	0	287.1

P : Précipitations

ETP : Evapotranspiration potentielle

RFU : Réserve Facilement Utilisable

ETR : Evapotranspiration Réelle

Au regard du delta de pluviométrie entre les stations de St-Philbert-de-Grand-Lieu et de Nantes-Bouguenais (52mm en moyenne), il est probable que la pluviométrie efficace réelle au droit de la carrière et donc la part de recharge de la nappe soit légèrement supérieure à 225 mm/an.



7 Hydrogéologie

7.1 - CONTEXTE

Le principal aquifère présent au droit de la carrière de la Grande Garde et de son extension est celui constitué par les sables du Pliocène. En effet, la granulométrie des matériaux offre une porosité d'interstices intéressante, raison pour laquelle dans les années 1990, le BRGM avait mené des campagnes de caractérisation de la ressource en vue d'une potentielle mise en production pour l'eau potable. Cette reconnaissance n'a pas abouti.

Cet aquifère superficiel est alimenté directement par les pluies efficaces infiltrées. Le trop plein de ce réservoir est évacué par débordement de nappe vers les réseaux hydrographiques.

Cet aquifère repose sur le substratum schisteux et plus précisément sur l'altération argileuse de celui-ci.

Ainsi, le projet est situé au droit des deux masses d'eaux souterraines :

- La masse d'eau principale qui affleure contenue dans les sables est la FRGG037 (code européen) ou GG037 (code français) « Sables du bassin de Grand Lieu » - *concernée par le projet*

- La masse d'eau sous-jacente contenue dans les formations de socle (très peu productive) est la FRGG026 - Logne-Boulogne-Ognon-Grand Lieu.

7.2 - PIEZOMETRIE

7.2.1 - OUVRAGES DE REFERENCE

7.2.1.1 - Piézomètre de référence

A l'échelle nationale, le BRGM dispose d'un réseau de piézomètres de suivi de nappe. La localisation des piézomètres de référence régionaux captant l'aquifère des sables pliocènes est portée sur la Figure 26.



Figure 26 : Carte de localisation des piézomètres de référence

Tableau 4 : Liste des ouvrages de référence du secteur

Identifiant BSS	Nom	Masse d'eau (aquifère)	Profondeur	Durée de suivi	Distance au projet
05088X0134/B (BSS001JSBK)	Noë Grivaud (proche station Total)	GG037 sables du bassin de Grand Lieu	31m	2009-2022	3 km à l'Est de la carrière
05082X0181/PZ (BSS001JQAJ)	Chevrolière		Non renseigné	2009-2022	6km à l'ONO
05086X0134/PZ (BSS001JRKS)	St-Philbert de Grand Lieu - Bellevue		Non renseigné	2009-2022	7km à l'Ouest
05095X0154/PZ (BSS001JTRR)	La Planche		23m	2012-2022	10km au Sud-Est
05095X0166/P (BSS001JTSD)	La Planche 2		5,7m	2014-2022	10km au Sud-Est

05086X0065/EL33 (BSS001JRHS)	ST PHILBERT EL33	GG02 Socle métamorphique dans les bassins versants de la Boulogne de sa source au lac de Grand-Lieu (inclus), l'Acheneau de sa source à la Loire (non inclus), l'Ognon	24m	1995- 2022	10km au Sud-Ouest
---------------------------------	---------------------	---	-----	---------------	----------------------

Le piézomètre de référence le plus proche de la carrière de la Grande Garde et dans un contexte hydrogéologique comparable est celui de Noë Grivaud (05088X0134/B).

Les piézomètres de la Chevrière (05082X0181/PZ) et de St-Philbert de Grand Lieu (05086X0134/PZ), en zone de vallon, proche du Lac de grand Lieu ne sont pas utilisés pour référence en raison de leur localisation, et des cycles piézométriques annuels moins marqués qu'au droit de la zone d'étude.

Les piézomètres de la Planche ont une durée de suivi trop courte et sont en tête de bassin versant (donc recoupant une faible hauteur d'aquifère), ce qui les exclut pour les prendre comme référence.

L'ouvrage de référence 05086X0065/EL33 est le seul à disposer d'une chronique piézométrique débutant avant la mise en exploitation des carrières. Il est donc utilisé comme référence sur la période historique, bien que ne sollicitant pas le même aquifère.

7.2.1.2 - Ouvrages de suivi locaux

Les niveaux de nappe sont suivis autour de la carrière de la Grande Garde et de son extension projetée. Le détail des points de suivis est porté dans le tableau et sur la carte jointe.

Au total, 26 ouvrages ont été ou sont actuellement suivis à fréquence mensuelle ou trimestrielle.

Tableau 5 : Liste des ouvrages de suivi GSM

Type	Identifiant	X_CC47	Y_CC47	cote_rep	Profondeur_m	Cote_fond_mNGF
puits	Puits 1	1353732	6215865	22.54	8.5	14.04
puits	Puits 2	1353899	6215820	23.15	7.9	15.25
puits	Puits 3	1354260	6215729	22.19	6.1	16.09
puits	Puits 4	1354101	6216009	22.44	4.3	18.14
puits	Puits 5	1355173	6215170	26.08	6.65	19.43
puits	Puits 5a	1354990	6215467	27.97		
piézomètre	Piezo 6	1354645	6215708	25.1	5.5	19.6
piézomètre	Piezo 7*	1354883	6216156	21.21		
piézomètre	Piezo 8*	1354421	6216271	23.18	5.46	17.72
piézomètre	Piezo 9	1354535	6216532	18.75	5.1	13.65
piézomètre	Piezo 10	1353696	6216221	21.92	7.6	14.32
puits	Piezo 11	1354272	6216630	22.13	7.5	14.63
puits	Piezo 12	1353589	6216797	18.63		
puits	Piezo 13	1353444	6216832	19.12	5.3	13.82

Type	Identifiant	X_CC47	Y_CC47	cote_rep	Profondeur_m	Cote_fond_mNGF
puits	Piezo 14	1353886	6216430	16.27		
puits	Piezo 15	1353356	6216400	24.74	7.9	16.84
puits	Piezo 16*	1354245	6216499	17.74		
puits	Piezo 17	1354078	6216605	20.75	6.9	13.85
puits	Puits 18	1355661	6216242	22.92	3.9	19.02
puits	Puits 19	1355615	6216179	24.57	7.8	16.77
puits	Puits 20	1355586	6216401	21.35	5.3	16.05
puits	Puits 21	1355524	6216271	24.1	8.6	15.55
Puits	Puits 22	1355218	6215236	26.14	6.1	20.04
piézomètre	Douve 1 = Puits35 (LG)	1355755	6215327	28.32	9.4	18.28
piézomètre	Douve 2 = Pz201 (LG)	1355894	6215387	29.85		
piézomètre	Douve 3	1355978	6215282	29.31		
piézomètre	Douve 4	1355574	6215311	28.38		

** ouvrage dont le suivi est arrêté car n'existant plus*

Notons que le carrier LG réalise également des mesures piézométriques autour de la carrière de la Gagnerie.

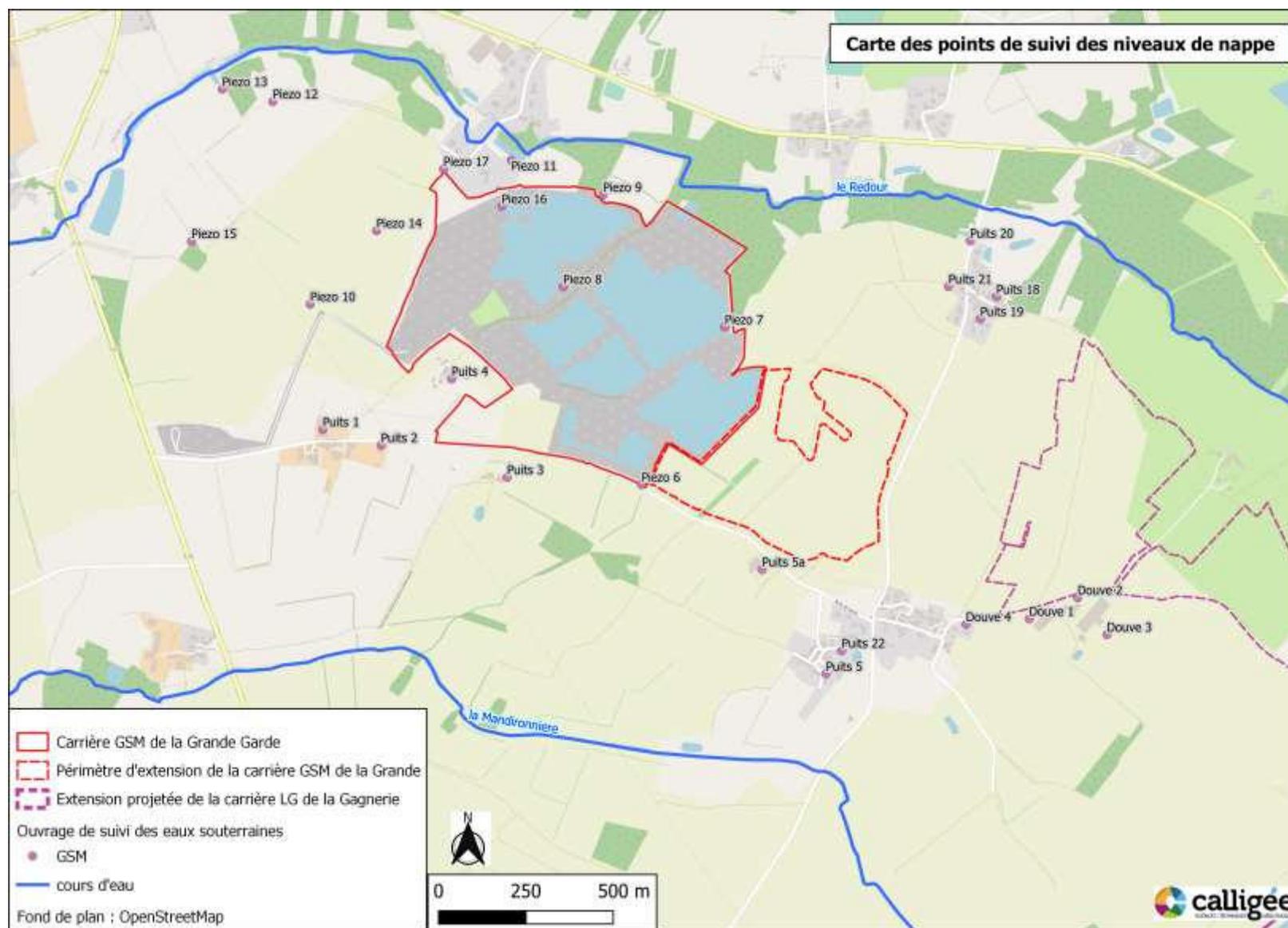


Figure 27 : Carte de localisation des ouvrages de suivi

7.2.2 - EVOLUTIONS PIEZOMETRIQUES

7.2.2.1 - Analyse des ouvrages de référence

L'évolution piézométrique des ouvrages de référence de Noë Grivaud (le plus représentatif de la nappe au droit du projet) et de la Revellerie (pour lequel la chronique est plus longue) en Figure 28 indique des battements de nappe de l'ordre de 1,5 à 2 mètres entre les hautes eaux et basses eaux sur les deux ouvrages. Les étiages les plus sévères sont enregistrés les mêmes années. Cependant, les étiages les plus marqués ne sont pas aux mêmes dates : 2014 pour le piézomètre de St-Philbert-de-Grand-Lieu (captant le socle), et 2017 pour le piézomètre de Noë Grivaud (nappe des sables). Les périodes marquées de hautes eaux sont plus synchrones en 2013, 2014, 2020 et 2021. Notons que l'année de plus hautes eaux est celle de l'hiver 2000-2001.

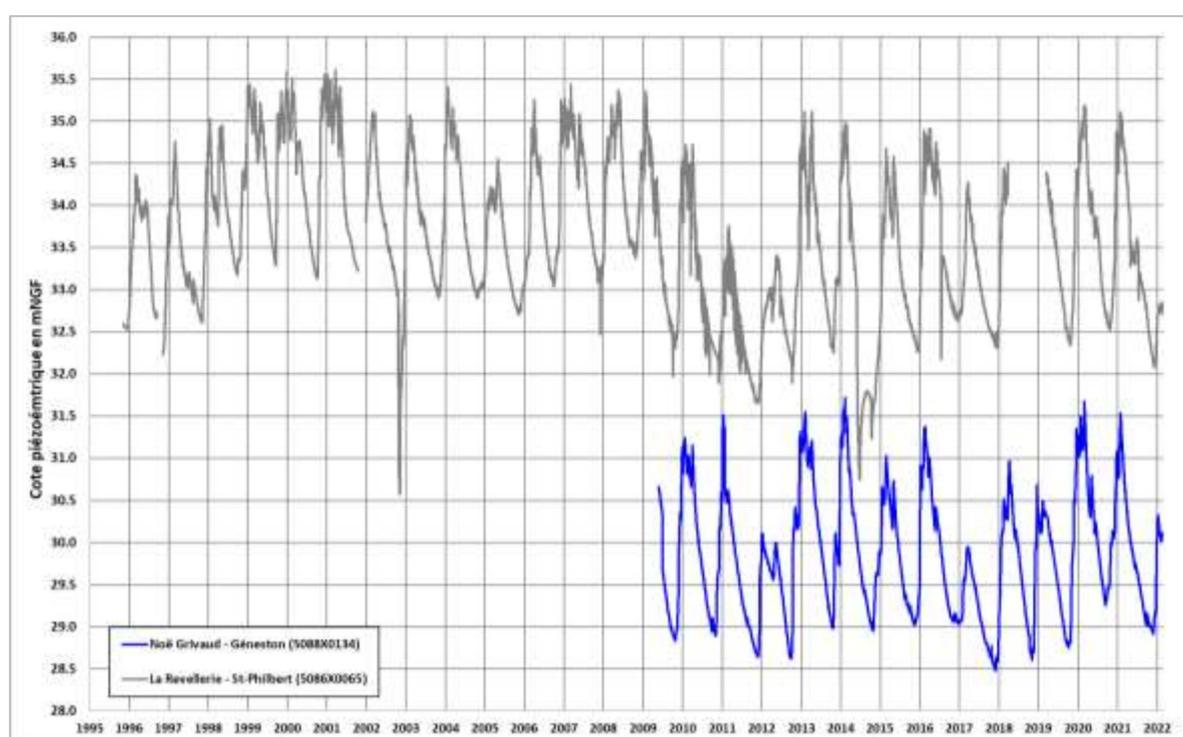


Figure 28 : Evolution piézométrique sur les ouvrages de référence

La piézométrie de Noë Grivaud montre que la nappe des sables a présenté (Figure 29) :

- des variations en 2020 et 2021 assez comparables en période de hautes eaux (niveaux hauts),
- des niveaux d'eau en fin d'été 2020 et 2021 comparables, au-delà des moyennes ;
- un étiage 2021 qui s'est poursuivi jusqu'en novembre ;
- des niveaux de nappe en début 2022 nettement inférieurs aux moyennes, s'approchant des minimums mensuels en fin de printemps.



Figure 29 : Cote moyennes mensuelles au piézomètre de référence de Noë Grivaud et mesures 2020-2022 (source : ADES)

La nappe superficielle contenue dans les sables présente des variations piézométriques étroitement liées à la pluviométrie (Figure 30).

A l'automne ou en début d'hiver, les premiers épisodes pluvieux induisent directement une recharge de la nappe, laquelle peut être très rapide comme en janvier 2016 ou en novembre-décembre 2019 (Figure 31).

Les hivers peu arrosés comme ceux de 2011-2012 et 2016-2017, avec un cumul pluviométrique entre octobre et mars de respectivement 393 et 416 mm, correspondent à une faible recharge et se traduisent par un relèvement limité des niveaux piézométriques en hautes eaux. Ainsi, le niveau de hautes eaux s'est limité à 30 m NGF au piézomètre de référence, soit 1 m sous le niveau piézométrique habituel (31 m NGF).

La faible recharge de l'hiver 2016-2017 est suivie d'une année 2017 nettement déficitaire. Le cumul pluviométrique annuel de 2017 s'est limité à 722 mm, contre 890 mm pour une année moyenne, valeur la plus basse mesurée depuis 2009. Cette faible recharge pluviométrique 2016-2017 a conduit à une baisse plus marquée de la piézométrie, qui est cependant restée mesurée : seulement quelques dizaines de centimètres par rapport aux étiages de 2011 et 2012.

La faible pluviométrie au second semestre 2021 (380mm) et en début d'année 2022 (112mm cumulés en janvier et février) implique une faible recharge de la nappe. Il s'en est suivi un début de printemps sec (seulement 85mm cumulés en mars et avril).

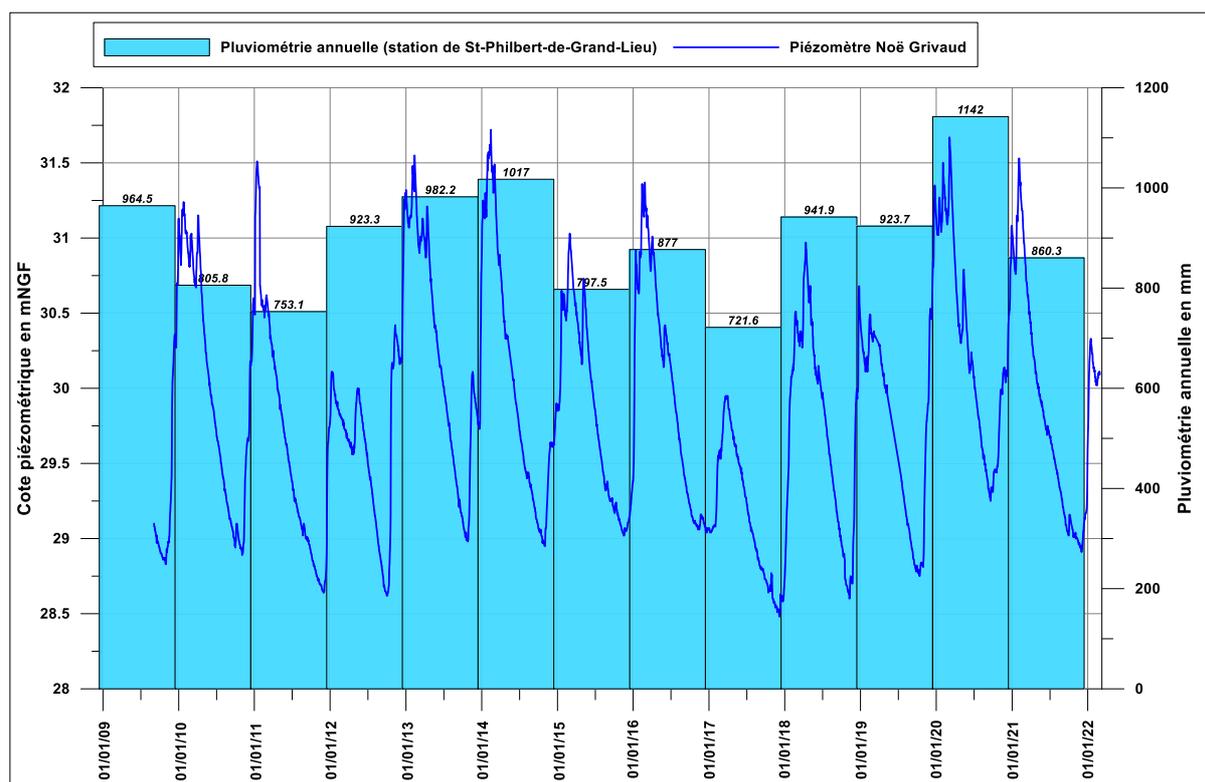


Figure 30 : Evolution piézométrique et pluviométrie annuelle (d'après données MétéoFrance et ADES)

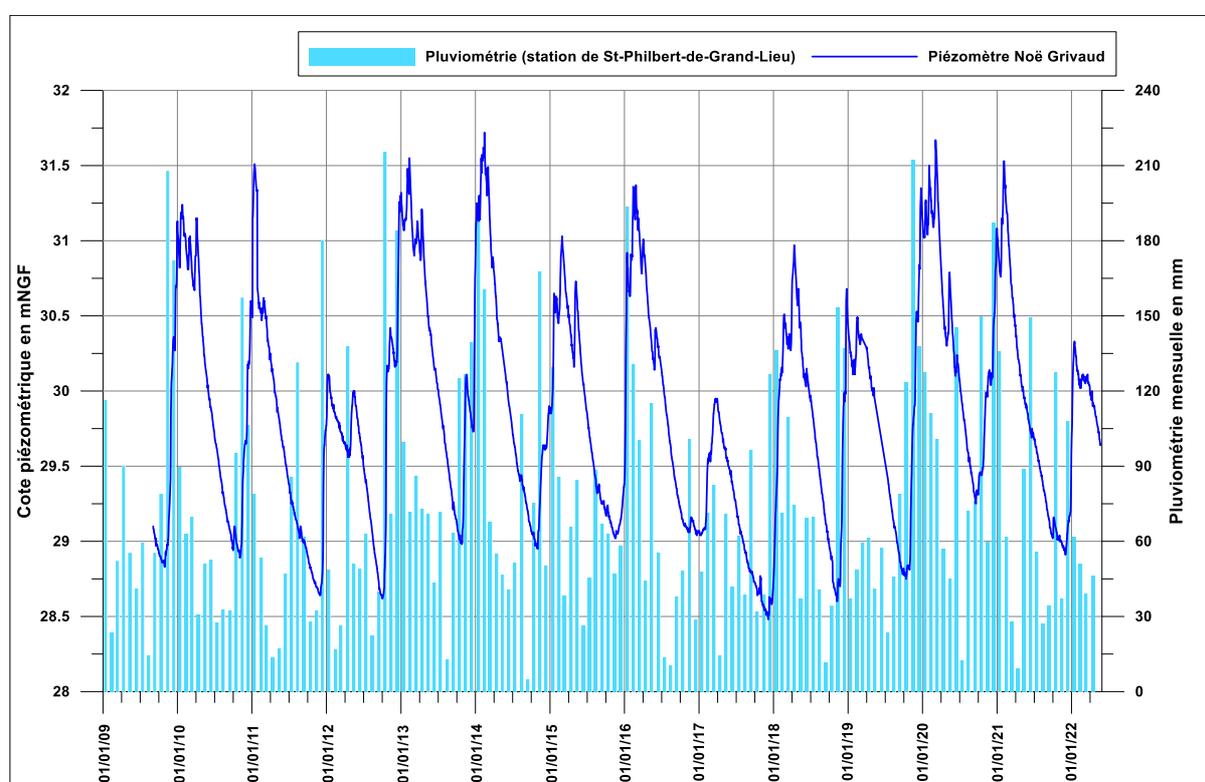


Figure 31 : Evolution piézométrique et pluviométrie mensuelle (d'après données MétéoFrance et ADES)

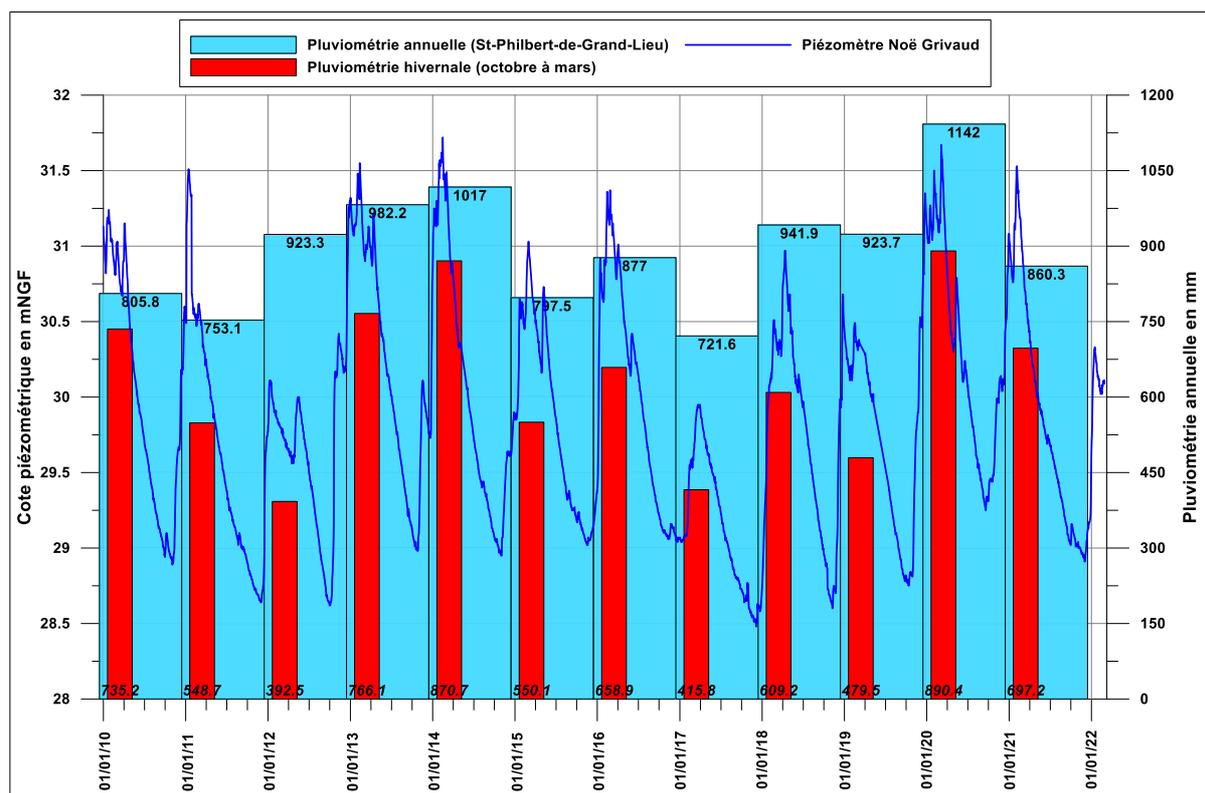


Figure 32 : Evolution piézométrique et pluviométries annuelles et hivernales

7.2.2.2 - Evolution en périphérie du projet de carrière

L'analyse des suivis piézométriques des ouvrages périphériques au projet d'extension de la carrière de la Grande Garde montre (Figure 33) :

- Au Nord-Est de la carrière actuelle, donc au Nord-Ouest de son extension, le puits n°7 (hors service depuis 2016) a présenté à partir de 2005, des variations significatives de niveau d'eau en lien avec les phasages d'extraction, de barrière hydraulique ou de bassin en eau (abaissement ou élévation du niveau de la nappe).
- Au Sud-Est, puits n°6, chronique piézométrique similaire à celle du piézomètre de Noë Grivaud. Les niveaux de basses eaux sont de l'ordre de 20,5 m NGF, en dehors des étiages marqués (2017 : 20,15 m NGF). Les niveaux de hautes eaux, sont beaucoup plus variables, passant de 22 m NGF lors d'hiver à faible recharge (2005), à plus de 24 m NGF (2001). Un abaissement de 1,3 à 1,5m est enregistré entre juillet et septembre 2021, semblant résulter de l'exploitation des bassins B11 et B12 à proximité dans la carrière actuelle ;
- Le puits n°5a, distant d'environ 80 m au sud de la zone d'extension projetée, présente des amplitudes annuelles variables et assez marquées notamment en période estivale. Un abaissement significatif est observé entre octobre 2016 et mars 2018, synchrone à celui observé sur le puits n°19 du Marais Gâté, pourtant distant de plus de 1km. L'origine de cette évolution piézométrique n'est pas discernée, pouvant résulter d'effets de pompes locaux.
- A la Brosse Gaspaille, Puits n°5, la signature piézométrique est identique à celle du piézomètre de référence de Noë Grivaud ;

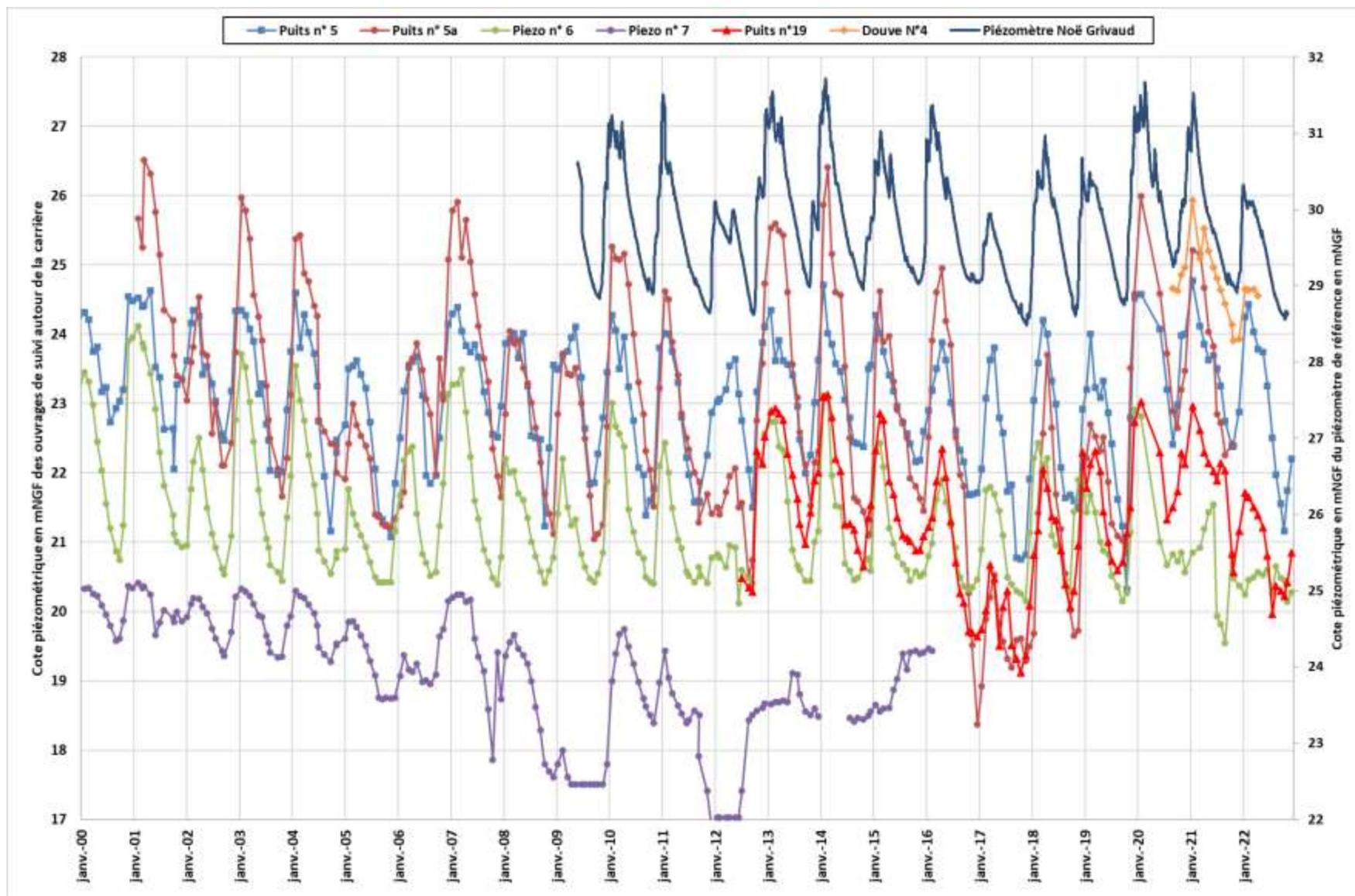


Figure 33 : Evolution piézométrique des ouvrages périphériques au projet d'extension de la carrière de la Grande Garde

7.2.2.3 - Zoom sur la piézométrie des ouvrages du Marais Gâté

Au Nord-Est du projet d'extension, au Marais Gâté, les puits n°18 et 19 sont suivis depuis le printemps 2012 et les puits n°20 et 21 depuis le début d'année 2018 (Figure 34).

Entre 2012 et 2015, la signature piézométrique du puits n°19 est similaire à celle du piézomètre de référence de Noë Grivaud (même amplitude entre HE et BE), avec un delta piézométrique de 8,5 m NGF. Il en est de même pour le puits n°18 pour lequel cependant le niveau de HE est un peu plus bas.

Entre janvier et avril 2016, la recharge de début d'année mesurée au piézomètre de Noë Grivaud n'est pas observée sur les puits n°18 et n°19. De mai à juillet 2016, les niveaux des puits n°18 et n°19 retrouvent un niveau « normal » comparativement au piézomètre de Noë Grivaud. Ensuite, ils baissent anormalement. Ainsi en fin d'année 2016, la piézométrie en P18 et P19 est environ 1 m à 1,5 m plus basse qu'à la normale.

En 2017, des variations atypiques de niveaux d'eau sont observées sur les deux puits, avec certains antagonismes. Ainsi, à l'automne 2017, le niveau d'eau en P19 atteignait la cote 19,2 m NGF, alors que le niveau d'eau sur P18 (habituellement 50 cm plus bas et au mieux identique) était de l'ordre de 19,7 m NGF avec une légère tendance à la hausse. L'allure piézométrique du puits P18 laisse suggérer qu'à partir de la cote 19.5 m NGF, le fond du puits (dont la base est à la cote 18.9 m NGF) est peu productive (niveau plus argileux) ou colmaté, d'où un volume d'eau « morte » persistant en cas d'inexploitation.

La recharge hivernale de fin d'année 2017 et de début 2018 a permis de retrouver une certaine cohérence piézométrique entre les puits P18, P19 et le piézomètre de référence. Par la suite, depuis 2018, les niveaux d'eaux en P18 et P19 ont été cohérents avec ceux observés les années précédentes.

Les niveaux d'eaux « anormaux » sur les puits P18 et P19 en 2017 sont synchrones avec l'exploitation de la partie Est de la carrière de la Grande Garde, la plus proche du Marais Gâté (environ 700 m), période durant laquelle des modulations importantes des bassins ont été enregistrées. Par contre, les phénomènes de janvier à mars 2016 ne sont pas conjugués avec des phases d'extraction de sables à proximité du hameau, car celles-ci se faisaient au centre de la carrière sur les parcelles 36, 37, 445 et 446 (Figure 5).

Sur les puits P19 et P21, certaines mesures anormalement basses laissent supposer des effets de pompages très locaux, des ouvrages de suivi eux-mêmes ou bien de puits très proches. Ceux-ci pourraient expliquer les deltas de piézométrie entre des ouvrages proches P18 et P19, mais aussi éventuellement des baisses anormales et ponctuelles de niveau de la nappe.

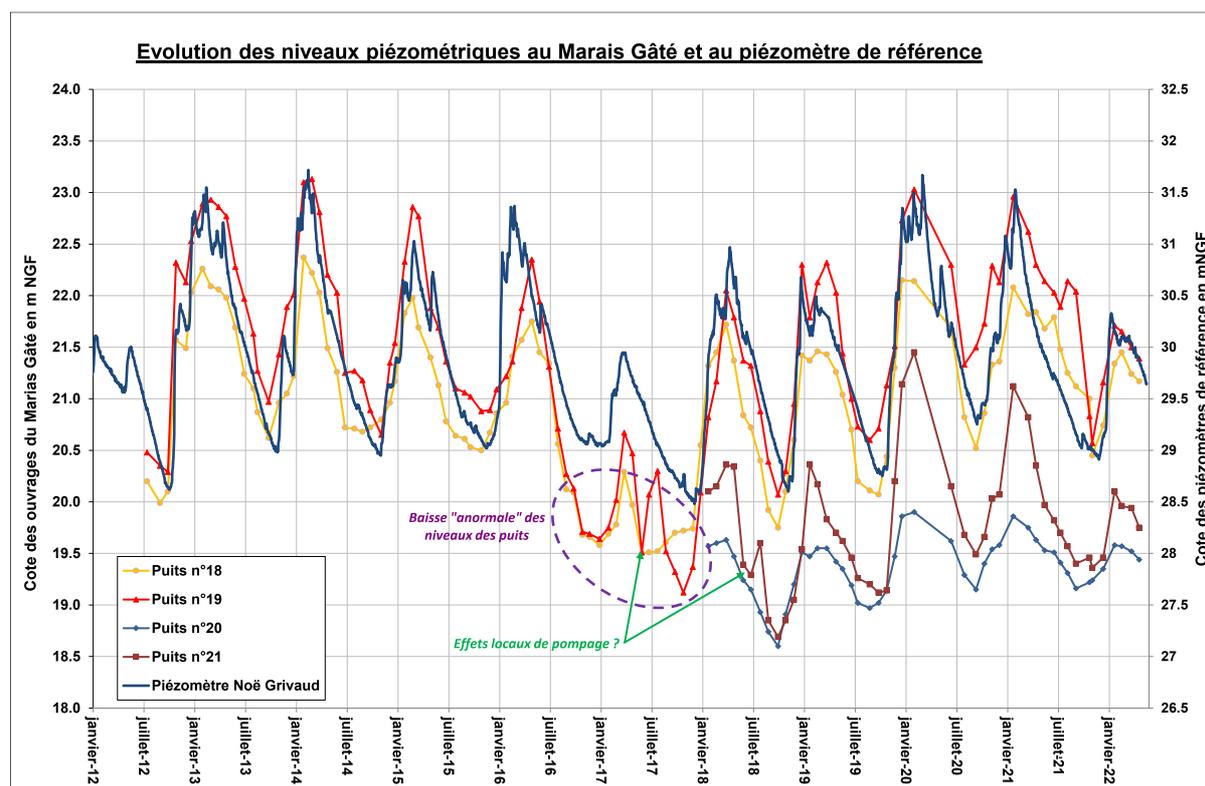


Figure 34 : Evolution piézométrique des ouvrages du Marais Gâté

Les variations piézométriques au Marais Gâté illustrent un fonctionnement hydrogéologique complexe ne pouvant pas s'expliquer uniquement par l'exploitation de la carrière. Plusieurs causes sont possibles : variations des faciès lithologiques, barrière hydrogéologique liée à la paléo-topographie, points de prélèvements non identifiés, ouvrages de suivi non représentatifs à certaines cotes (colmatage d'ouvrages...).

7.2.3 - CARTES PIEZOMETRIQUES

La réalisation d'une carte piézométrique s'appuie sur des relevés ponctuels synchrones. Afin d'avoir une meilleure compréhension des écoulements au sein de la nappe des sables pliocènes, les relevés de GSM sont complétés de ceux de LG. Pour des raisons de confidentialité, les données de LG ne sont pas représentées sur les supports graphiques qui suivent.

7.2.3.1 - Piézométrie de Basses Eaux 2021

La carte piézométrique de basses eaux s'appuie sur les relevés piézométriques des 4 et 8 novembre 2021, correspondant à un niveau d'étiage moyen comme l'indique le piézomètre de référence (Figure 29). Cette année 2021 est choisie comparativement à des années plus sèches car des données sur les cours d'eau sont disponibles sur cette séquence.

Cette carte piézométrique (Figure 35 et Figure 36) indique :

- Des écoulements souterrains drainés principalement par le ruisseau du Redour au Nord ;
- A hauteur de la Douve et de la Brégonnée, il se dessine un interfluve avec un drainage vers le sud-ouest en direction du ruisseau de la Mandironnière ;
- Le hameau de la Lande et le secteur du Petit Halloué s'écoulent également vers la partie amont de la Mandironnière ;

- Une dépression locale à la Brégeonnée. Celle-ci est liée aux prélèvements de l'exploitation agricole de la Douve tout au long de l'année et préférentiellement en période d'étiage sur le puits Douve 2 (ou Pz201) captant les sables (2 800m³/an environ), le forage Pz202 captant le socle (5 500m³/an environ) et le réservoir d'eau creusé dans les sables (1500m³/an environ). A défaut de mesure dans le vallon, il est difficile d'apprécier si la dépression reste locale (ce qui est supposée) ou bien si elle s'étend dans le vallon qui conflue au sud-ouest avec la Mandironnière.

7.2.3.2 - Piézométrie de Hautes Eaux 2021

La carte piézométrique du 27 janvier 2021 s'appuie sur les relevés piézométriques et sur des mesures synchrones des ruisseaux du Redour et de la Mandironnière (pour la partie amont). Pour rappel ces ruisseaux présentaient des écoulements sur l'intégralité de leur linéaire. Les niveaux d'eaux de ces cours d'eau ne sont pas connus en partie aval, à cette période. En conséquence, ils sont considérés supérieurs aux mesures réalisées en avril 2021, donc :

- Redour à la Métellerie > 15.91 mNGF
- Redour à hauteur de la RD178 > 11.68 mNGF
- Mandironnière à hauteur de la RD178 > 12.03 mNGF

Cette carte piézométrique indique :

- Un drainage de la nappe par les ruisseaux du Redour au Nord et de la Mandironnière au Sud ;
- Un dôme piézométrique au centre la carrière de la Gagnerie, s'étirant d'Est en Ouest depuis les « Cailleries ». Dans le secteur de la Grande Garde, cette crête piézométrique longe par le sud la voie communale menant de Brosse Gaspaille à la RD178 ;
- Au Sud-Ouest de la carrière de la Gagnerie, un drainage par la zone humide du Petit Halloué vers le Sud-Ouest (en direction du ruisseau de la Mandironnière)
- Au centre sud de la carrière de la Gagnerie, les niveaux de nappe semblent montrer le soutirage local lié à l'exploitation d'un bassin avec son système d'abaissement de niveau de nappe ;
- Drainage par le vallon à l'Est de la Petite Garde du Nord vers le Sud, depuis la carrière de la Grande Garde vers le Ruisseau de la Mandironnière ;
- De même, drainage au Sud-Ouest des Barboiziaux vers la Mandironnière, et dans le secteur du Taillis de la Lisière vers le Redour.

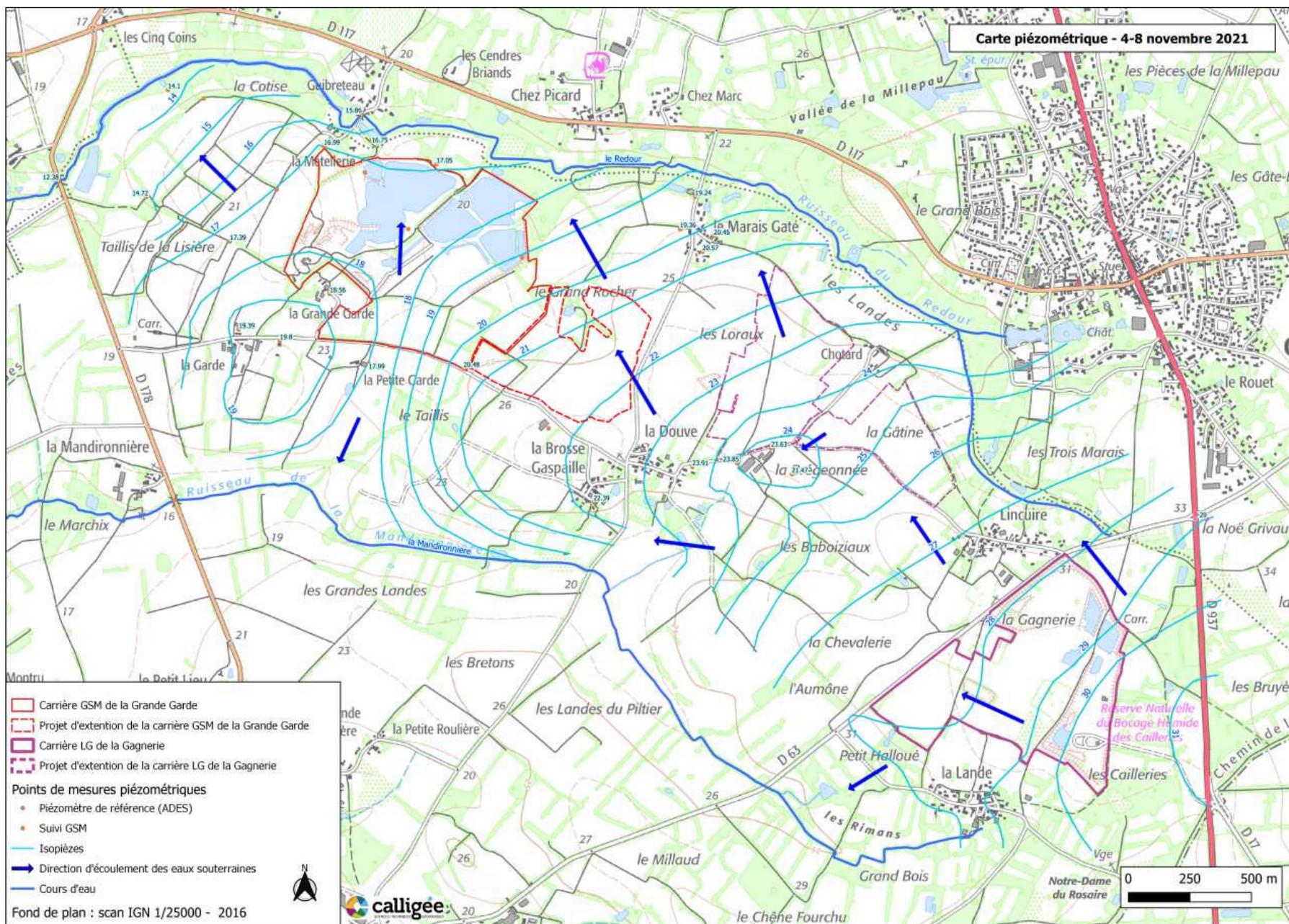


Figure 35 : Carte piézométrique de basses eaux sur fond IGN – 4 et 8 novembre 2021

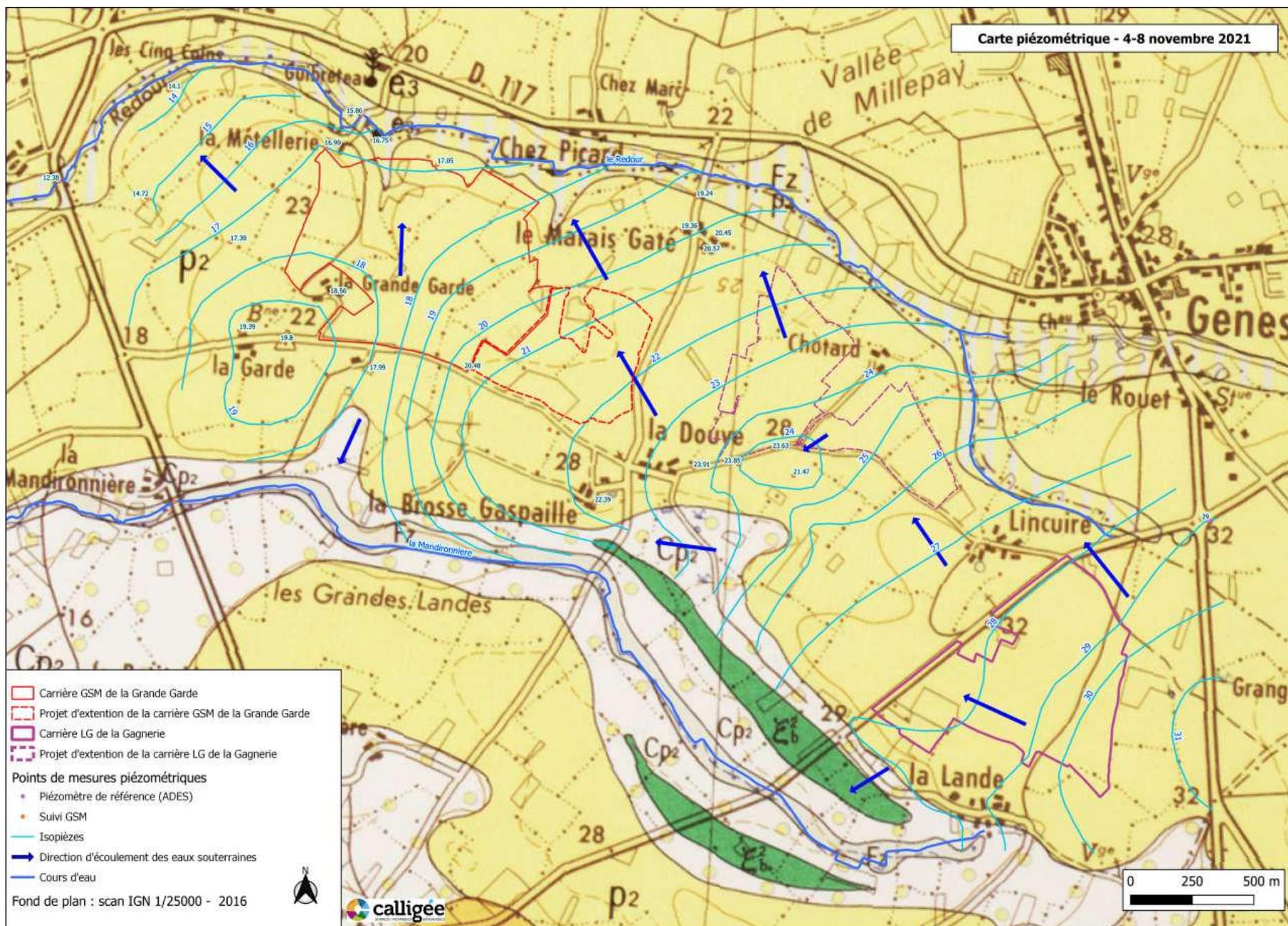


Figure 36 : Carte piézométrique de basses eaux sur fond géologique – 4 et 8 novembre 2021

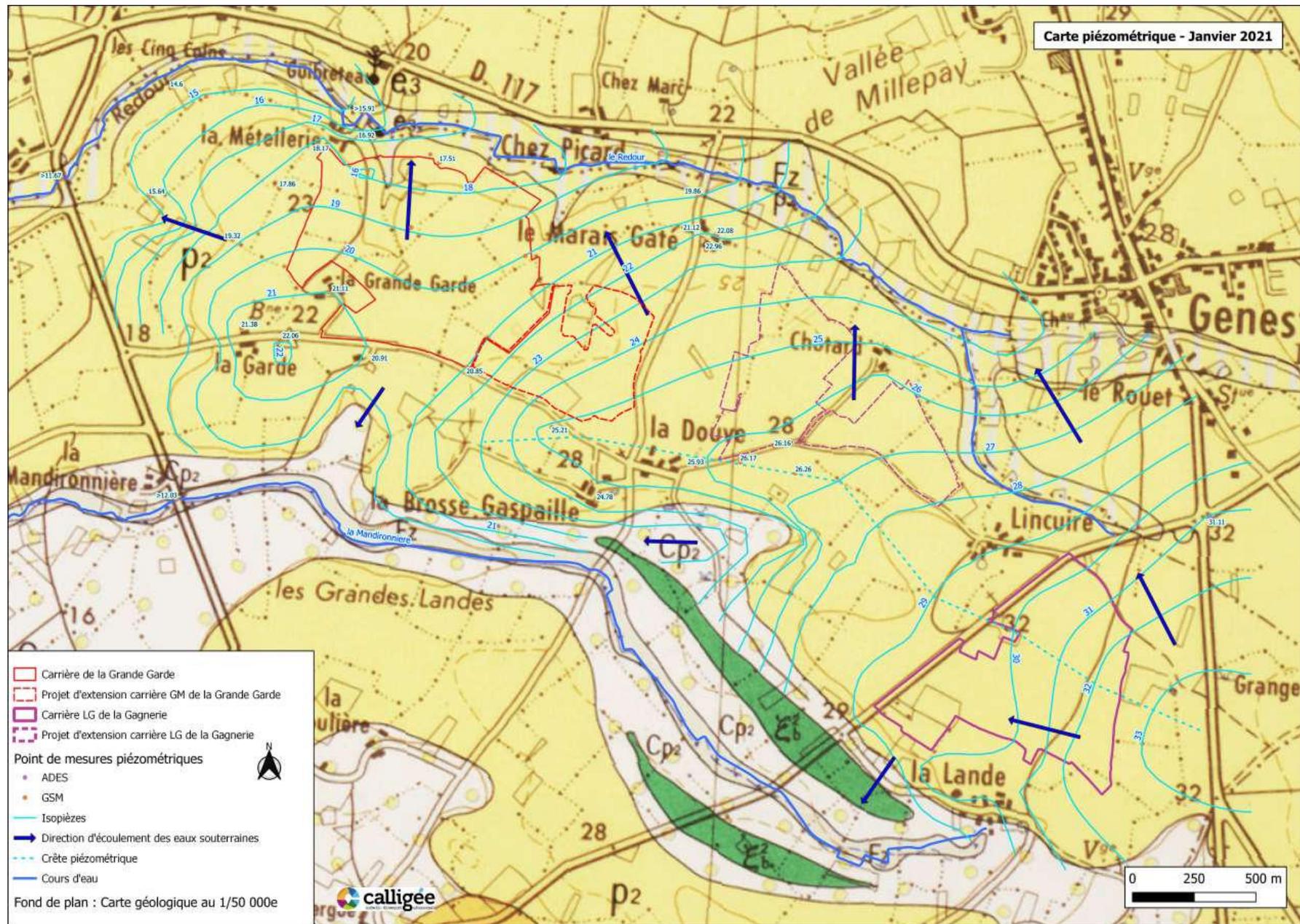


Figure 38 : Carte piézométrique de hautes eaux sur fond géologique – 27 janvier 2021

7.3 - PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES

7.3.1 - SECTEUR DE LA GRANDE GARDE

Sur le secteur de la Grande Garde, deux essais hydrauliques ont été réalisés en 1998 au droit du site indiquant des transmissivités de l'ordre de 2.10^{-4} m²/s, pour une épaisseur mouillée de 17 m, soit une perméabilité de l'ordre de $1,2.10^{-5}$ m/s.

D'après les rapports antérieurs, la variabilité de lithologie, avec notamment des lentilles plus argileuses au sein des formations sableuses, induit une grande variabilité de perméabilité, d'un facteur 10 selon la lithologie (Guigues).

7.3.2 - SECTEUR DE LA GAGNERIE

Des slug-test ont été réalisés en janvier et février 1998, puis en septembre 1999. Le Tableau 4 synthétise les résultats de ces essais. Les transmissivités traduisent l'hétérogénéité des matériaux.

Tableau 6 : Synthèse des tests de perméabilité obtenus par slugs-tests sur piézomètre (source : Géoarmor GL/R957)

Ouvrage testé	Profondeur/sol (m)	Diamètre (mm)	Date	Perméabilité (m/s)	Epaisseur aquifère (m)	Transmissivité (m ² /s)
P2	9.8	82	06/01/98	1.5E-05	7.5	1.1E-04
P2	9.8	82	06/01/98	1.6E-05	6.9	1.1E-04
P2	9.8	82	17/02/98	8.2E-06	6.3	5.2E-05
P3	10.8	82	06/01/98	4.4E-05	7	2.5E-04
E1	6.1	60	06/01/98	2.2E-05	.9	2.0E-05
E1	6.1	60	17/02/98	2.6E-05	1.7	4.4E-05
E2	5.8	60	09/01/98	2.8E-04		
E3	10	60	09/01/98	2.3E-05		
E3	10	60	09/01/98	2.5E-05		
E3	10	60	17/02/98	7.8E-06		
E4	4.5	60	09/01/98	2.2E-05	2	4.4E-05
E6	12.8	60	09/01/98	4.4E-04	3.5	1.5E-03
E7	8.7	60	17/02/98	9.2E-05		
SP1	18.1	115	07/09/99	8.6E-05	12.8	1.1E-03
SP1	18.1	115	07/09/99	9.3E-05	12.8	1.2E-03
SP2	11.2	115	07/09/99	2.6E-06	5.7	1.5E-05

Des essais de pompage ont été menés en 1992 (données BSS). Un test de pompage a aussi été réalisé sur le piézomètre E6, en 1999, montrant une transmissivité de $5 \cdot 10^{-4}$ m²/s, valeur conforme à ce qui a été mesurée par slug-test.

Tableau 7 : Données de transmissivité et de coefficient d'emménagement extraites de la BSS

Ouvrage	X-L93	Y-L93	Z sol (mNGF)	Epaisseur de sables (m)	T (m ² /s)	S
BSS001JSBJ	356075	6670787	28	20	3 * 10 ⁻³	1 * 10 ⁻²
BSS001JSBM	357517	6671265	27.5	>29	1,12 * 10 ⁻³	1 * 10 ⁻²
E6	357224	6669584			5 * 10 ⁻⁴	

Le rapport du BRGM RP-53680 fait référence à des mesures hydrogéologiques (dans le cadre du projet de la carrière de la Gagnerie et celle de GSM) desquelles sont déduites des valeurs de transmissivités de $1,1 * 10^{-3}$ à $1,5 * 10^{-6}$ m²/s.

D'après le rapport de Géoarmor de 1996, la porosité théorique est de 17% (pluie efficace 250mm / battement de nappe 1,5m). Dans ce même rapport, la porosité efficace est estimée en 1996 par Géoarmor à 10-12%, sur la base de la porosité théorique et d'autres connaissances locales.

7.3.3 - SYNTHÈSE

Les travaux de modélisations réalisés sur les sites de la Grande Garde (GSM) et de la Gagnerie (LG) ont permis de confirmer que le champ de perméabilité des formations sableuses est compris entre $3 * 10^{-6}$ et $2.5 * 10^{-4}$ m.s⁻¹, l'ordre de grandeur le plus courant étant de 10^{-4} m.s⁻¹.

7.4 - QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

La masse d'eau contenue dans les sables exploités « GG037 Sables du bassin de Grand Lieu » présente :

- Etat chimique médiocre entre 2012 et 2017
- Etat nitrate médiocre entre 2012 et 2017
- Bon état pesticides entre 2012 et 2017

D'après le dernier SDAGE, l'objectif de bon état qualitatif est fixé à 2027.



8 Usages

8.1 - SOURCE DES DONNEES

Autour de la carrière de la Grande Garde, un recensement des usages a été réalisé récemment par GSM lui-même sur les lieux-dits du Marais Gâté, La Douve, la Brosse Gaspaille. Ces données viennent compléter celles du DDAE de 2011, issues d'une extraction du SAGE de 2002.

Autour de la carrière de la Gagnerie et de son projet d'extension, LG a également mis à jour en 2019-2020 le recensement des points de prélèvements sur les hameaux de La Lande, Lincuire et Chôtard sur la commune de Saint-Colomban.

Les autres sources de données pour recenser les puits et forages dans les bassins versants topographiques et hydrogéologiques sont :

- La Banque Nationale des Prélèvements d'eau (BNPE) qui est la base de données nationale recensant l'ensemble des prélèvements d'eau (superficiels et souterrains, AEP, agricole, industriel)
- L'ARS qui s'attarde sur les captages d'eau potable,
- La Banque du Sous-Sol du BRGM auprès de laquelle sont enregistrés les ouvrages au regard du code minier ;
- La mairie de Saint-Colomban

8.2 - POINTS DE PRELEVEMENTS

8.2.1 - USAGE AEP

Il n'y a aucun captage d'alimentation en eau potable (AEP) public à proximité du projet d'extension de la carrière de la Grande Garde, et à l'intérieur de ses bassins versants topographiques et hydrogéologiques

Le captage AEP public le plus proche est situé au sud-ouest du bourg de Saint-Philbert de Grand Lieu, à environ 9km de la carrière de la Grande Garde. Cet ouvrage capte la masse d'eau FRGG022 « Bassin versant de l'estuaire de la Loire », donc un aquifère distinct de celui recoupé par les carrières de la Grande Garde et de la Gagnerie.

Les deux carrières et leur projet d'extension sont hors des périmètres de protection de ce captage.

8.2.2 - USAGES RECENSES A LA BNPE

Seuls 3 points d'eau sont recensés sur le bassin versant hydrogéologique du projet (extension du modèle hydrogéologique jusqu'à la RD178 en aval de la carrière de la Grande Garde). 4 points de prélèvements sont recensés en proche aval (Tableau 8).

Le détail des volumes prélevés sur la période 2008-2019 est porté sur la Figure 39. Le volume cumulé moyen des prélèvements sur ces 3 sites est d'environ 233 700 m³/an, dont 43% issus des eaux souterraines (voir localisation en Figure 40).

Tableau 8 : Liste des points de prélèvements recensés à la BNPE sur le bassin versant

Nom	Type de prélèvement	Usage	Volume de prélèvement moyenne 2008-2019 (m ³ /an)
La Métellerie Village	souterrain	irrigation	70 347
Le Carré O	surface	irrigation	83 093
Les Landes 1 et 2	souterrain	irrigation	11 117
La Mandironnière	Souterrain	Irrigation	17 952
Le Brulot	Surface	Irrigation	837
Les Grolles	Surface	Irrigation	27 960
Les Grolles débitmètre	Surface	Irrigation	22 382

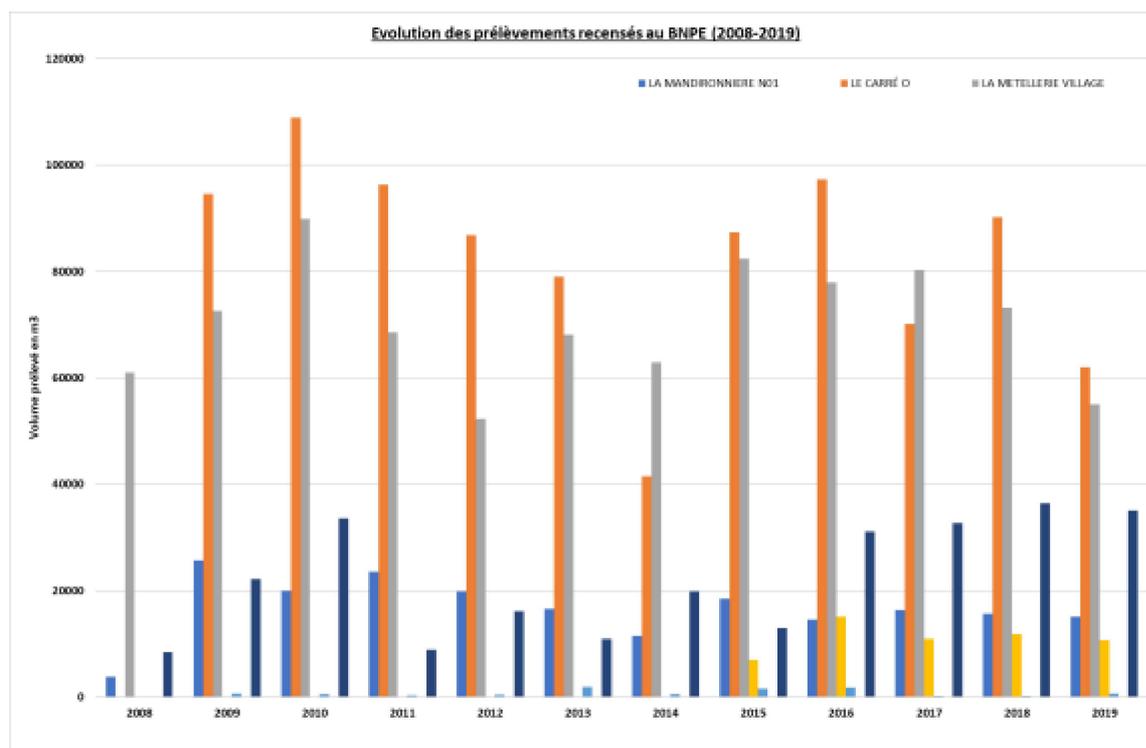


Figure 39 : Evolution des prélèvements recensés à la BNPE sur le bassin versant

8.2.3 - AUTRES USAGES AGRICOLES ET DOMESTIQUE

8.2.3.1 - Listing des points de prélèvements

Le tableau en pages suivantes liste les puits recensés sur l'ensemble du territoire (Petite Garde, Grande Garde, Brosse Gaspaille, Douve, Marias Gâté, Chôtard, Lincuire, Lande), et suivis pour partie, par les carriers. Il est identifié notamment :

- 15 puits alimentant en intégralité des habitations pour des usages domestiques et d'eau potable, localisés dans les hameaux de Lincuire (5), La Brosse Gaspaille (4), La Douve (4) et La Garde (2). Ces habitations ne disposent pas de raccordement au réseau public d'eau potable ;
- 5 puits (2 à La Douve, 2 au Marais Gâté, 1 à Lincuire) alimentant en majorité des habitations pour des usages domestiques et d'eau potable ; les habitations sont raccordées au réseau public mais leur utilisation est limitée.
- 7 puits à usage domestique
- 5 puits à usage agricole
- 7 puits à usage d'arrosage pour le jardin,
- 9 ouvrages d'usage inconnu,
- 7 puits inutilisés,
- 35 puits et piézomètres utilisés pour le suivi des niveaux de nappe.

Tableau 9 : Liste des points d'eau et leurs usages identifiés par GSM et LG (classification par usage)

Hameau	Type	Identifiant	X_CC47	Y_CC47	cote_rep	Cote_TN	source	Profondeur_m	Cote_fond_mNGF	Usage
Douve	puits	Puits_H	1355443	6215327			GSM	4.3		AEP (utilise peu le réseau public)
Douve	puits	Puits_K	1355511	6215308			GSM			AEP (utilise peu le réseau public)
Marais Gâté	puits	Puits_G	1355621	6216309			GSM			AEP 80% (doubleton avec le réseau public pour les 20%)
Lincuire	puits	22	1356721	6214926	31.20	30.61	LG	6.00	25.20	AEP et domestique (raccordé au réseau public)
Marais Gâté	puits	57	1355637	6216196	24.16	23.48	LG	5.45	18.71	AEP et domestique (raccordé au réseau public)
Lincuire	puits	12	1357023	6214968	30.57	30.07	LG	6.90	23.67	AEP, non raccordé au réseau public
Lincuire	puits	14	1356997	6215027	29.85	29.55	LG			AEP, non raccordé au réseau public
Lincuire	puits	15	1356971	6215017	30.49	29.93	LG	5.80	24.69	AEP, non raccordé au réseau public
Lincuire	puits	23	1356689	6214947	31.25	30.89	LG	6.00	25.25	AEP, non raccordé au réseau public
Lincuire	puits	24	1356635	6215016	30.84	30.62	LG	7.00	23.84	AEP, non raccordé au réseau public
Garde	puits	Puits 1	1353732	6215865	22.54		GSM	8.50	14.04	AEP, non raccordé au réseau public
Garde	puits	Puits 2	1353899	6215820	23.15		GSM	7.90	15.25	AEP, non raccordé au réseau public
Brosse Gaspaille	puits	Puits 5	1355173	6215170	26.08		GSM	6.65	19.43	AEP, non raccordé au réseau public
Douve	puits	Puits_C	1355346	6215347			GSM			AEP, non raccordé au réseau public
Douve	puits	Puits_D	1355526	6215253			GSM			AEP, non raccordé au réseau public
Brosse Gaspaille	puits	Puits_F	1355237	6215318			GSM	9.00		AEP, non raccordé au réseau public
Brosse Gaspaille	puits	Puits_I	1355334	6215290			GSM			AEP, non raccordé au réseau public
Douve	puits	Puits_J	1355367	6215348			GSM			AEP, non raccordé au réseau public
Brosse Gaspaille	puits	Puits_L	1355235	6215259			GSM			AEP, non raccordé au réseau public
Brosse Gaspaille	Puits	Puits 22	1355218	6215236	26.14		GSM	6.10	20.04	AEP, non raccordé au réseau public
Brégoonnée	piezometre	Douve 1 (puits35 pour LG)	1355755	6215327	28.32	27.68	GSM	9.40	18.28	Agricole
Brégoonnée	piezometre	Douve 2 (pz201 pour LG)	1355894	6215387	29.85	29.61	GSM	20.40	9.48	Agricole
Brégoonnée	piezometre	Douve 3 (pz202 pour LG)	1355978	6215282	29.31		GSM			Agricole
Chotard	puits	33	1356300	6215768	26.77	26.44	LG	4.50	22.27	Agricole
Grande Garde	puits	Puits 4	1354101	6216009	22.44		GSM	4.30	18.14	Agricole et arrosage
Lande	mare	21	1356535	6214081	29.18		LG			Arrosage
Brosse Gaspaille	puits	Douve 4	1355574	6215311	28.38		GSM			Arrosage
Marais Gâté	puits	Puits 18	1355661	6216242	22.92		GSM	3.90	19.02	Arrosage
Marais Gâté	puits	Puits 19	1355615	6216179	24.57		GSM	7.80	16.77	Arrosage
Brosse Gaspaille	puits	Puits_B	1355398	6215388			GSM			Arrosage
Gagnerie	bassin	5	1357013	6214707	29.21		LG			Carrière
Lande	puits	11	1356846	6213937	31.06	31.01	LG	4.50	26.56	Domestique
Chotard	puits	34	1356348	6215744	27.01	26.63	LG	6.60	20.41	Domestique
Lande	puits	200	1356792	6214060	32.93	32.22	LG	8.50	24.43	Domestique
Lande	puits	3	1356721	6213973	31.89	31.36	LG	4.40	27.49	Domestique et Jardin
Lande	puits	5	1356663	6213931	30.43	30.41	LG	6.50	23.93	Domestique et Jardin
Lande	puits	7	1356629	6213995	31.51	31.36	LG	5.70	25.81	Remplissage de piscine (domestique)
Douve	puits	39	1355445	6215325	26.77	26.48	LG	4.50	21.98	Domestique (raccordé AEP ?)
Lande	puits	2	1356789	6213979	31.50	31.07	LG	7.70	23.80	Inconnu
Lande	puits	9	1356623	6213898	30.10	29.59	LG	8.50	21.60	Inconnu
Lincuire	puits	16	1356910	6214984	30.60	30.45	LG	5.80		Inconnu
Lincuire	puits	19	1356797	6215088	29.53	29.10	LG			Inconnu
Chotard	puits	32	1356322	6215692	27.28	27.28	LG			Inconnu
Lincuire	puits	203	1356984	6215077	28.59	28.59	LG			Inconnu
Chotard	puits	31 b	1356287	6215716	27.52	27.30	LG			Inconnu

Hameau	Type	Identifiant	X_CC47	Y_CC47	cote_rep	Cote_TN	source	Profondeur_m	Cote_fond_mNGF	Usage
Douve	puits	Puits_A	1355410	6215336	?		GSM			Inconnu
Douve	puits	Puits_E	1355386	6215287	?		GSM			Inconnu
Lande	puits	1	1356824	6213998	32.24	31.83	LG	4.60	27.64	Jardin
Lande	puits	10	1356828	6213895	31.16	30.61	LG	6.00	25.16	Jardin
Lincuire	puits	18	1356854	6214971	31.36	30.76	LG	6.20	25.16	Jardin
Lincuire	puits	21	1356912	6214965	30.46	30.40	LG			Jardin
Lincuire	puits	27	1356826	6214991	30.69	30.64	LG	5.00	25.69	Jardin
Lande	puits	204	1356882	6214991	30.28	29.72	LG			Jardin
Lincuire	puits	20	1356818	6215047	29.37	29.19	LG			Jardin / Ancien puits du village
Lande	puits	6	1356632	6214065	32.01	31.69	LG	4.70	27.31	Non utilisé
Lande	mare	20	1356328	6214089	27.47	28.54	LG			Non utilisé
Lincuire	puits	25	1356634	6215098	30.45	29.96	LG			Non utilisé
Lincuire	puits	26	1356852	6214801	32.26	32.26	LG	7.00	25.26	Non utilisé
Lande	puits	8	1356748	6213924	29.93	29.93	LG	4.70	25.23	Non utilisé
Garde	puits	Puits 5a	1354990	6215467	27.97		GSM			Non utilisé (ancien pompage pour l'abreuvement des animaux avant la vente de la stabule)
Lincuire	puits	28	1356753	6214993	29.91	29.91	LG	4.00	25.91	Inutilisé
Gagnerie	piezometre	E5	1356524	6214174	32.03	31.04	LG	12.50	19.53	Suivi
Gagnerie	piezometre	E6	1356947	6214149	34.31	33.35	LG	11.10	23.21	Suivi
Gagnerie	piezometre	E7	1357114	6214112	34.07	33.06	LG	8.50	25.57	Suivi
Gagnerie	piezometre	P1	1357629	6214379	34.53	33.57	LG	6.80	26.77	Suivi
Gagnerie	piezometre	P2	1357262	6214739	33.19	32.00	LG	6.90	25.12	Suivi
Gagnerie	piezometre	P3	1356328	6214328	32.25	31.12	LG	6.80	24.32	Suivi
Gagnerie	piezometre	P4	1357302	6214542	33.59	32.59	LG	6.20	27.39	Suivi
Gagnerie	piezometre	P5	1357188	6214870	32.15	31.19	LG	11.60	20.55	Suivi
Gagnerie	piezometre	P6	1357085	6214949	31.65	30.73	LG	11.50	20.15	Suivi
Gagnerie	piezometre	P7	1356898	6214808	33.11	32.17	LG	11.60	21.51	Suivi
	piezometre ou puits?	Piezo 10	1353696	6216221	21.92		GSM	7.60	14.32	Suivi
	puits	Piezo 11	1354272	6216630	22.13		GSM	7.50	14.63	Suivi
	puits	Piezo 12	1353589	6216797	18.63		GSM			Suivi
	puits	Piezo 13	1353444	6216832	19.12		GSM	5.30	13.82	Suivi
	puits	Piezo 14	1353886	6216430	16.27		GSM			Suivi
	puits	Piezo 15	1353356	6216400	24.74		GSM	7.90	16.84	Suivi
	puits	Piezo 17	1354078	6216605	20.75		GSM	6.90	13.85	Suivi
Grande Garde	piezometre	Piezo 6	1354645	6215708	25.10		GSM	5.50	19.60	Suivi
	piezometre ou puits?	Piezo 9	1354535	6216532	18.75		GSM	5.10	13.65	Suivi
Marais Gâté	puits	Puits 20	1355586	6216401	21.35		GSM	5.30	16.05	Suivi
Marais Gâté	puits	Puits 21	1355524	6216271	24.10		GSM	8.60	15.50	Suivi
Petite Garde	puits	Puits 3	1354260	6215729	22.19		GSM	6.10	16.09	Suivi
Gagnerie	piezometre	Pz10	1356780	6214242	34.19	33.18	LG	11.05	23.14	Suivi
	piezometre	Pz11	1356117	6215005	29.44	28.41	LG	12.44	17.00	Suivi
	piezometre	Pz12	1355961	6215136	28.85	27.82	LG	13.60	15.25	Suivi
	piezometre	Pz13	1356223	6214284	30.95	29.97	LG			Suivi
	piezometre	Pz14	1356344	6214068	29.46	28.41	LG			Suivi
	piezometre	Pz15	1356398	6214164	31.44	30.45	LG			Suivi
	piezometre	Pz9	1355975	6214434	29.98	28.96	LG	3.93	26.05	Suivi
Gâtine	piézomètre	PzA	1356572	6215391	28.01	27.53	LG	1.00	26.53	Suivi
Gâtine	piézomètre	PzB	1356581	6215393	28.04	27.55	LG	1.00	26.55	Suivi
Gâtine	piézomètre	PzC	1356533	6215463	28.08	27.60	LG	1.00	26.60	Suivi
Gâtine	piézomètre	PzD	1356519	6215528	27.34	26.86	LG	1.00	25.86	Suivi
Gagnerie	piezometre	SP1	1356753	6214699	33.63	33.04	LG			Suivi
Gagnerie	piezometre	SP2	1356553	6214540	32.68	32.01	LG	12.00	20.68	Suivi

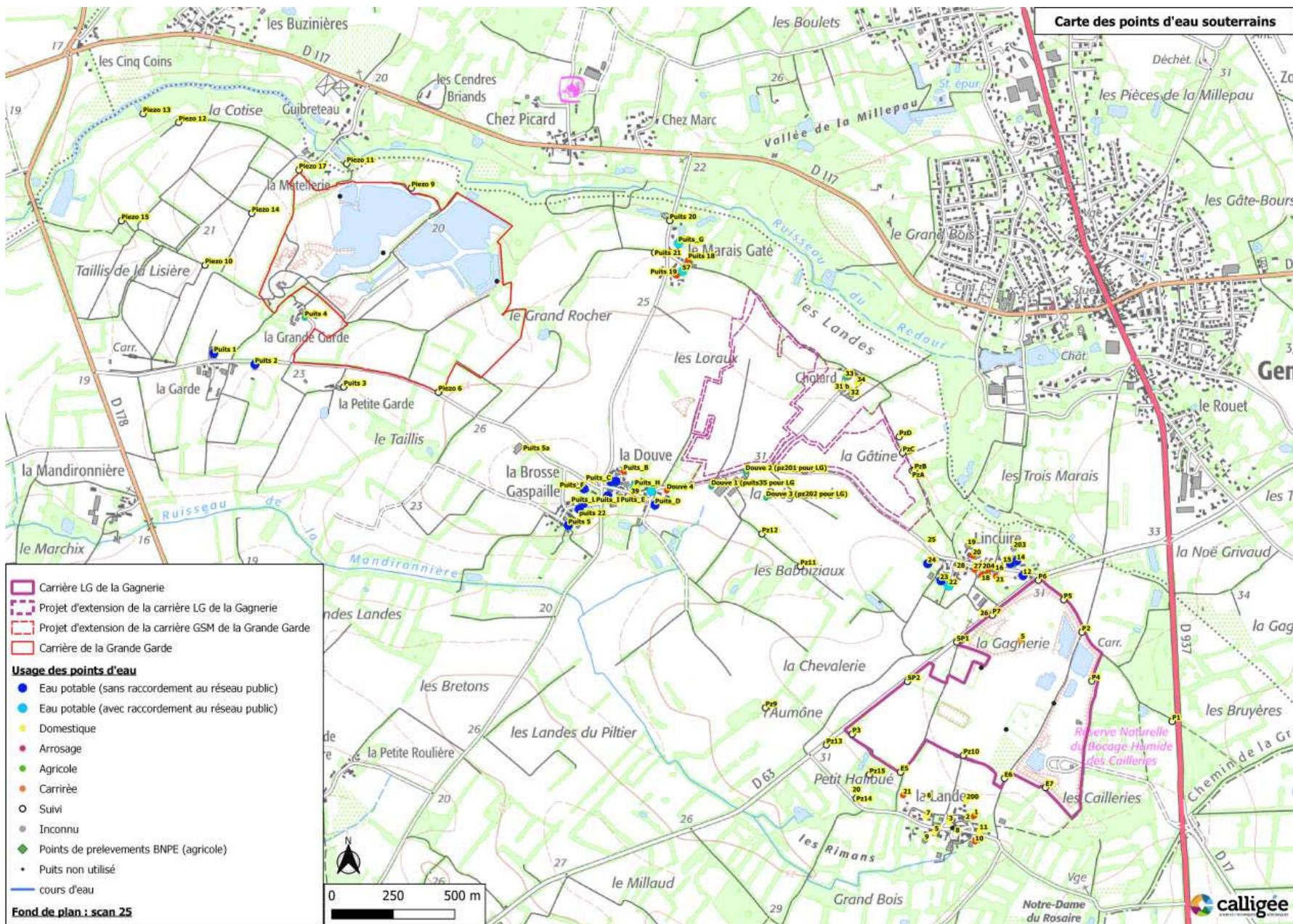


Figure 40 : Carte de localisation des points d'eau

8.2.3.2 - Estimation des volumes

Dans le cadre de l'étude de Géoarmor (Géoarmor GL/R957) menée en 1998 préalablement à l'ouverture de la carrière de la Gagnerie, une évaluation des volumes prélevés avait été faite à l'échelle du bassin versant hydrogéologique sur la base d'enquête.

En l'absence de données du même type plus récentes, ces volumes historiques sont considérés par défaut toujours d'actualité.

Cependant, la création d'exploitation agricole à la Brégeonné, au nord de la Douve, conduit à ajouter un point de prélèvement. D'après les éléments collectés par LG auprès du GAEC de la Douve, les consommations sont d'environ 9 800 m³/an ainsi répartis :

- 2 800 m³/an environ depuis le forage Pz201 captant les sables pliocènes (pour les jeunes vaches, lavage des machines à traire ...)
- 5500 m³/an environ depuis le forage PZ 202 captant le socle
- 1500 m³/an environ depuis un plan d'eau recoupant la nappe et collectant des eaux de toiture

Tableau 10 : Estimation des volumes prélevés (extr it : Géoarmor GM/R 1182/Août 98)

Indice	Lieu	Usage	Volume annuel (m ³ /an)	
			Données Géoarmor 98	Estimation Calligée 2021
1	La Lande	Domestique + agricole	1 400	1 400
2	Lincuire	Domestique + agricole	2 900	2 900
3	Chotard	Domestique + agricole	800	800
4	La Douve	Domestique + agricole	3 400	3 400
5	La Brosse Gaspaille	Domestique + agricole	1 900	1 900
6	Le Marais Gâté	Domestique	800	800
12	Sud bourg Géneston	Domestique	1 600	1 600
13	La Grange à l'Abbé	Domestique + agricole	2 000	2 000
35	La Brégeonné	Agricole	0	9 800

8.2.4 - PRELEVEMENTS INDUSTRIELS

Comme évoqué précédemment, l'extraction de sables génère une perte d'eau via l'humidité des matériaux extraits. En effet l'humidité des sables transportés hors du site est évaluée à 7 %. Avec une extraction des matériaux moyen cumulée depuis les deux carrières, sur la période 2011-2019, d' l'ordre de 660 000 tonnes / an, le volum' d'eau contenue dans les sables évacué' s'élève à 46 200 m³/an (cumul des deux carrières).

8.2.5 - PERTE PAR EVAPORATION

Le bilan hydrique repose sur la comparaison entre les apports et les pertes en eau dans un lieu donné et pour une période définie (voir 6.2 -).

La création de plan d'eau va modifier localement le bilan hydrique, puisque les pertes d'eau se traduisent alors par l'évaporation, au lieu de l'évapotranspiration dans le cas d'un couvert végétal.

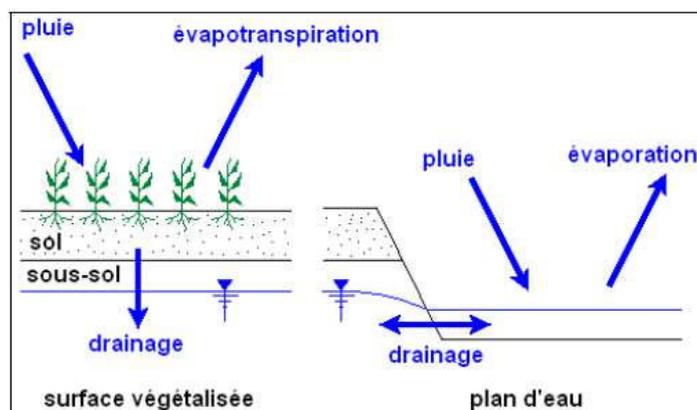


Figure 41 : Principe de bilan hydrique dans le cas d'un couvert végétalisé et d'un plan d'eau (source : DREAL Centre Val de Loire)

Au droit d'un couvert végétal, la pluie efficace est calculée par P-ETR (Pluie – Evapotranspiration réelle). Et la recharge de la nappe correspond à 95% de cette pluie efficace dans le contexte de matériaux sableux soit $0.95 \cdot (P-ETR)$. D'après les données moyennes du bilan hydrique à la station de Nantes-Bouguenais (Tableau 3), la recharge de la nappe sous couverture végétale est de $(0.95 \cdot (820 - 583)) = \mathbf{22 \text{ mm}}$:

Au droit d'un plan d'eau l'évaporation est considérée équivalente à l'évapotranspiration potentielle (ETP). Ainsi, la recharge au droit d'un plan d'eau est équivalente à P-ETP (Pluie – Evapotranspiration potentielle). D'après les données moyennes du bilan hydrique à la station de Nantes-Bouguenais (Tableau 3), le bilan est de $(820 - 870) = \mathbf{-5 \text{ mm}}$; c'est-à-dire une perte de 50mm.

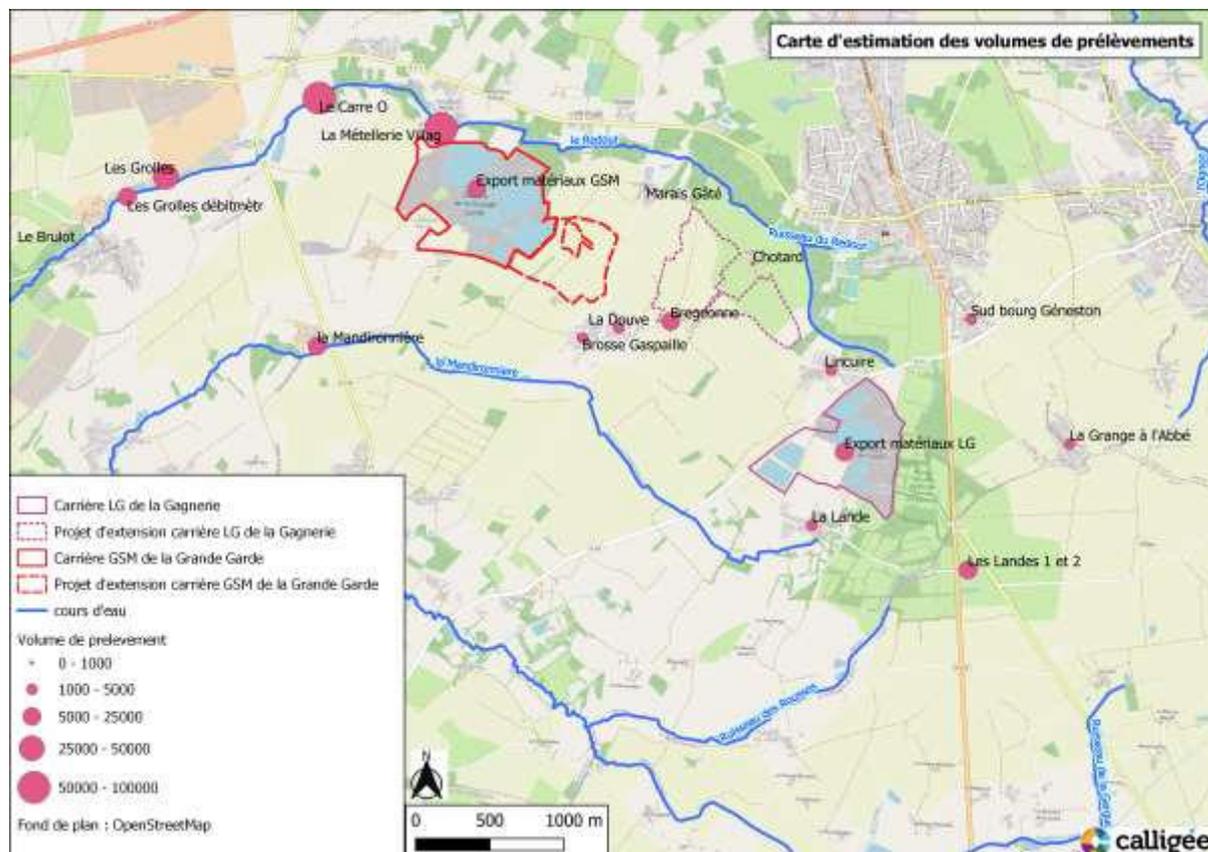
La perte totale due à la création d'un plan d'eau en comparaison à une surface végétalisée peut être comptabilisée par le bilan : $(P-ETP) - (0.95 \cdot (P-ETR))$. D'après les données moyennes du bilan hydrique à la station de Nantes-Bouguenais (Tableau 3), cette perte serait de :

$$(820 - 870) - (0.95 \cdot (820 - 583)) = \mathbf{-275 \text{ mm}}$$

Cette perte, liée à la création d'un plan d'eau en substitution d'une surface végétalisée, est donc estimée à environ $2\,750 \text{ m}^3/\text{an}/\text{ha}$ de plan d'eau.

8.2.6 - SYNTHÈSE DES VOLUMES PRÉLEVÉS

La cartographie ci-après compile l'ensemble des points de prélèvements recensés. Les volumes présentés aux lieux-dits sont des regroupements de tous les puits utilisés dans ces lieux-dits (Brosse Gaspaille, Douve, Marais Gâté ...).



* n'intègre pas les pertes d'eau par évaporation depuis les plans d'eau

Figure 42 : Estimation des volumes de prélèvements en 2021



9 Modélisation

9.1 - RAPPEL SUR LES MODELES ANTERIEURS

Avant les projets d'extension de carrières, les sociétés GSM et LG avaient missionné Calligée pour des études hydrogéologiques entre 2017 et 2020. Menées de façon totalement séparées, ces études avaient pour objectif d'améliorer la compréhension hydrogéologique locale s'appuyant notamment sur des modèles hydrogéologiques distincts.

9.1.1 - MODELE ANTERIEUR DE LA CARRIERE LG DE LA GAGNERIE

Le modèle relatif à la sablière de la Gagnerie (LG) s'étendait uniquement sur la partie Est du bassin pliocène, avec des limites correspondant à celles d' l'emprise des sables. La bordure aval, suffisamment éloignée d' l'exploitation, comportait une charge imposée à flux modulé, en lien avec les données piézométriques disponibles et avec l'écoulement naturel vers le nord-ouest des eaux souterraines.

9.1.2 - MODELE ANTERIEUR DE LA CARRIERE GSM DE LA GRANDE GARDE

Au contraire du modèle de LG, celui décrivant l'impact de la carrière de la Grande Garde (GSM) s'étendait sur l'ensemble du bassin pliocène. En effet, très peu de données de la modélisation antérieure relative au site de la Gagnerie ont été reprises, hormis celles se rapportant aux cour' d'eau qui drainent latéralement la nappe. Les données spécifiques au droit de la sablière de la Gagnerie n'étaient pas intégrées dans le modèle GSM. La grande extension du modèle de la Grande Garde se justifie par le type d'alimentation de la nappe, exclusivement par la recharge induite par les précipitations.

9.1.3 - MODALITES DE CALAGE DES MODELES ANTERIEURS

Les deux modèles monocouches fonctionnaient en régime permanent. Dans le cas de celui de la Gagnerie, la situation piézométrique de référence pour le calage se rapportait aux campagnes de relevés de 1996. Par la suite, deux campagnes ont été effectuées en 1999 et 2000. Des relevés plus réguliers ont eu lieu entre 2003 et 2007. Enfin des campagnes approximativement trimestrielles sont en cours depuis 2010, début d'exploitation intensive de la carrière. Ces données éparses ont constitué un handicap pour aboutir à un calage optimal du modèle, avant le début d'occupation du site. La piézométrie de référence s'est limitée aux données moyennes de 1996, la période 2003-2007 montrant des niveaux de nappe nettement distincts (liés à des années de faibles ou fortes recharges pluviométriques au regard des valeurs moyennes), alors que la sablière n'était pas exploitée.

Les difficultés du processus de calage ont continué par la suite, avec l'échec de tests centrés sur la période 2011-2012, peut-être du fait d'une maîtrise insuffisante des modalités d'exploitation de la carrière, notamment des débits de transit entre bassins. Les efforts se sont portés par la suite sur la piézométrie moyenne d'une année sèche 2016-2017, pour laquelle les informations étaient plus cohérentes. Les résultats globalement satisfaisants ont mis néanmoins en évidence des écarts entre calculs et observations aux abords des bassins exploités et aussi en limite du hameau de la Lande où sont situés des points d'eau sensibles. L'une des raisons plausibles à ces difficultés tient au résultat d'une prospection ultérieure effectuée sur le site par CALLIGEE, révélant un contexte géologique et hydrogéologique sensiblement différent de celui admis initialement, notamment la connexion au bassin versant de la Mandironnière au Petit Halloué.

9.1.4 - RESULTATS DES SIMULATIONS MENEES AVEC LES MODELES ANTERIEURS

9.1.4.1 - Site de la Gagnerie (LG)

Le modèle calé permettait de lancer des simulations prospectives pour évaluer l'impact de l'avancement de l'exploitation de la carrière ainsi que celui de son réaménagement après fermeture.

Un premier groupe de 3 simulations a concerné les modalités d'exploitation du bassin le plus proche du hameau de la Lande (au Sud-Est de la carrière). Ces simulations portant sur l'exploitation du bassin B7 au Sud et Sud-Ouest de la carrière ont montré des incidences sur les niveaux de nappe au Sud en direction du hameau de la Lande. Cependant, au droit du hameau de la Lande, les difficultés de calage du modèle n'ont pas permis d'apprécier précisément l'incidence sur certains puits. En conséquence, LG a choisi de conserver et d'étendre les barrières hydrauliques en limite Sud de la carrière afin de palier les incidences potentielles sur les puits domestiques.

Le second groupe de 4 simulations était axé sur le réaménagement du site après son exploitation complète, avec des scénarios portant sur les modalités de comblement des bassins. Ces simulations ont conduit à écarter l'hypothèse d'un comblement total du bassin B5 au Nord-Ouest de la carrière. Aussi, le comblement de l'extrémité Sud-Ouest de la carrière a été écarté. Ainsi, le projet de réaménagement initial a été maintenu en dehors de la diminution de la surface en eau passant de 18,5 à 16,5ha.

9.1.4.2 - Site de la Grande Garde (GSM)

Les simulations ont porté sur les modalités d'exploitation des bassins dans l'emprise actuelle du site, dans un secteur proche du Marais Gâté (hameau au Nord-Est de la carrière).

Ces travaux de modélisation ont mis en évidence que l'exploitation de l'extrémité Est de la carrière actuelle (débutés en 2017) peut induire un abaissement du niveau de la nappe en périphérie de la carrière. Cependant, celui-ci reste inférieur à 50 cm, ce qui ne peut donc pas expliquer le delta de près de 1 m mesuré sur le puits n°19 au Marais Gâté.

9.2 - OBJECTIF ET FINALITE DE LA MODELISATION

9.2.1 - CONTEXTE

GSM souhaite étendre sa sablière dans son prolongement vers l'Est, sur une surface projetée de l'ordre de 30ha.

Aussi, comme évoqué précédemment, le projet d'extension de la carrière de la Grande Garde est simultanément avec celui de la carrière de la Gagnerie par LG ; les deux zones d'extraction se rapprochant.

9.2.2 - METHODOLOGIE D'AJUSTEMENT DU PROJET

Face à l'enjeu « eau souterraine », GSM avait besoin d'un hydrogéologue pour l'accompagner sur son projet d'extension. De son côté, LG avait les mêmes préoccupations pour son projet.

Or, en raison de la proximité des projets d'extension des carrières, les incidences hydrogéologiques d'un projet pouvaient avoir des effets sur le second, et inversement.

En conséquence, il apparaissait pertinent d'un point de vue technique d'avoir une approche hydrogéologique englobant les deux projets, ce qui de surcroît était une demande de la collectivité locale.

Ainsi, les carriers GSM et LG ont missionné Calligée pour un accompagnement hydrogéologique des deux projets d'extension, se traduisant par un important travail de synthèse de données géologiques et hydrogéologiques, lesquelles ont été reprises dans un modèle hydrogéologique commun.

Ce dernier a eu pour objectif d'évaluer les incidences individuelles des projets et les incidences cumulées.

Entre le printemps 2021 et l'été 2022, divers scénarios d'exploitation ont été étudiés et simulés par chacun des carriers. Toutes les simulations réalisées intègrent les deux projets et tiennent compte des effets cumulés.

Ces scénarios visaient dans un premier temps à trouver le meilleur compromis de remise en état des sites.

Il s'en est déduit un long travail itératif d'ajustement des phasages d'exploitation, des tailles de bassin d'exploitation, des profondeurs d'exploitation et des schémas de circulation des eaux.

Ceci a permis d'aboutir au projet d'extension présenté ci-après, lequel, avec ses modalités d'exploitation, est celui portant le moins d'incidences sur les ouvrages périphériques à la carrière et sur l'environnement.

9.2.3 - LE PROJET FINAL

Le projet est scindé en 3 grandes phases quinquennales d'exploitation de 2024 à 2038 (Figure 43). Pour les besoins de la modélisation, ces grandes phases ont été scindées en 16 phases d'exploitation dont l'enchaînement répond aux exigences techniques d'accès, aux problématiques de circuit des eaux et des boues, dans un souci d'effets limités sur l'environnement.

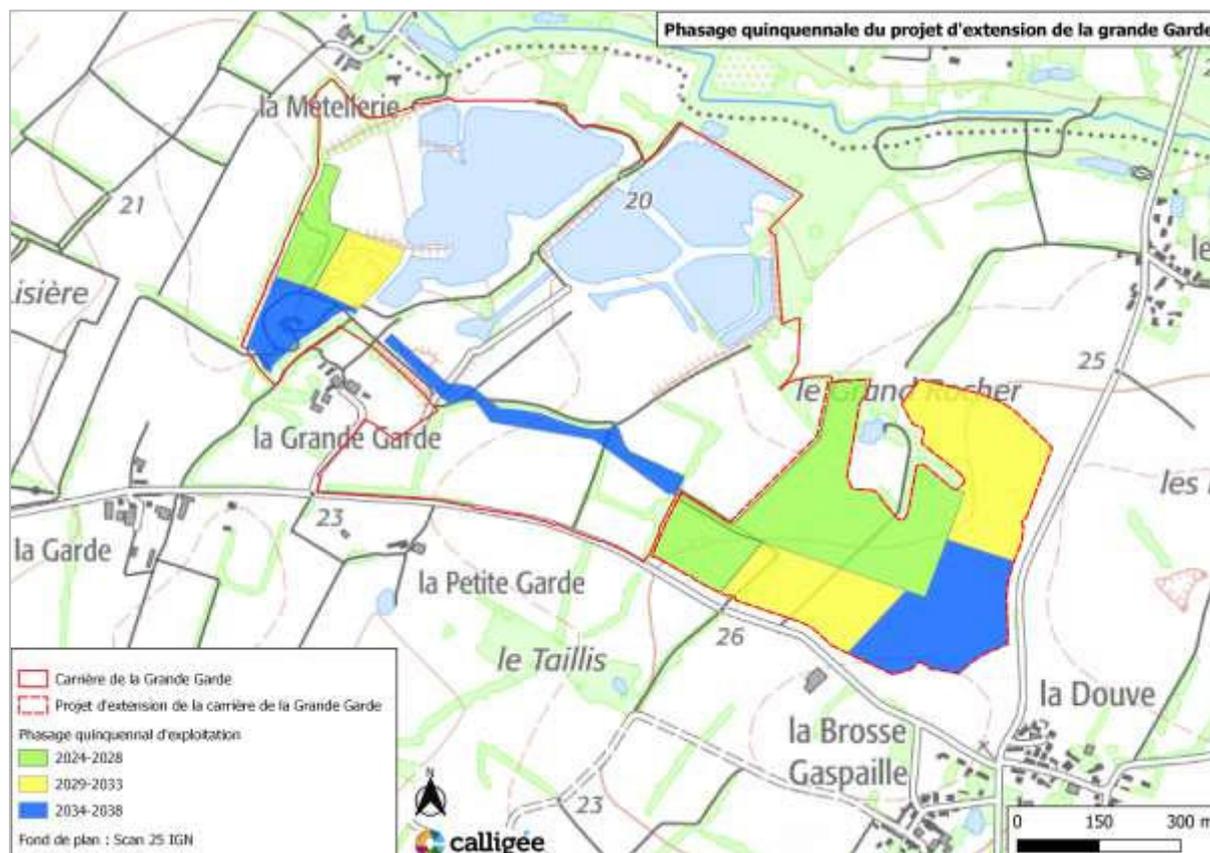


Figure 43 : Phasage quinquennale d'exploitation de la carrière de la Grande Garde (2024-2038)

Le réaménagement du site considère (Figure 44) :

- une grande surface en eau centrale de l'exploitation de l'actuelle carrière de la Grande Garde. Cette zone sera sortie du périmètre de la carrière ;
- la partie Ouest, Sud et Est de l'actuelle carrière sera remblayée par les fines de lavage puis par des matériaux inertes extérieurs, et réaménagées en espaces agricoles.
- La zone d'extension de la carrière de la Grande Garde sera mise en plan d'eau.

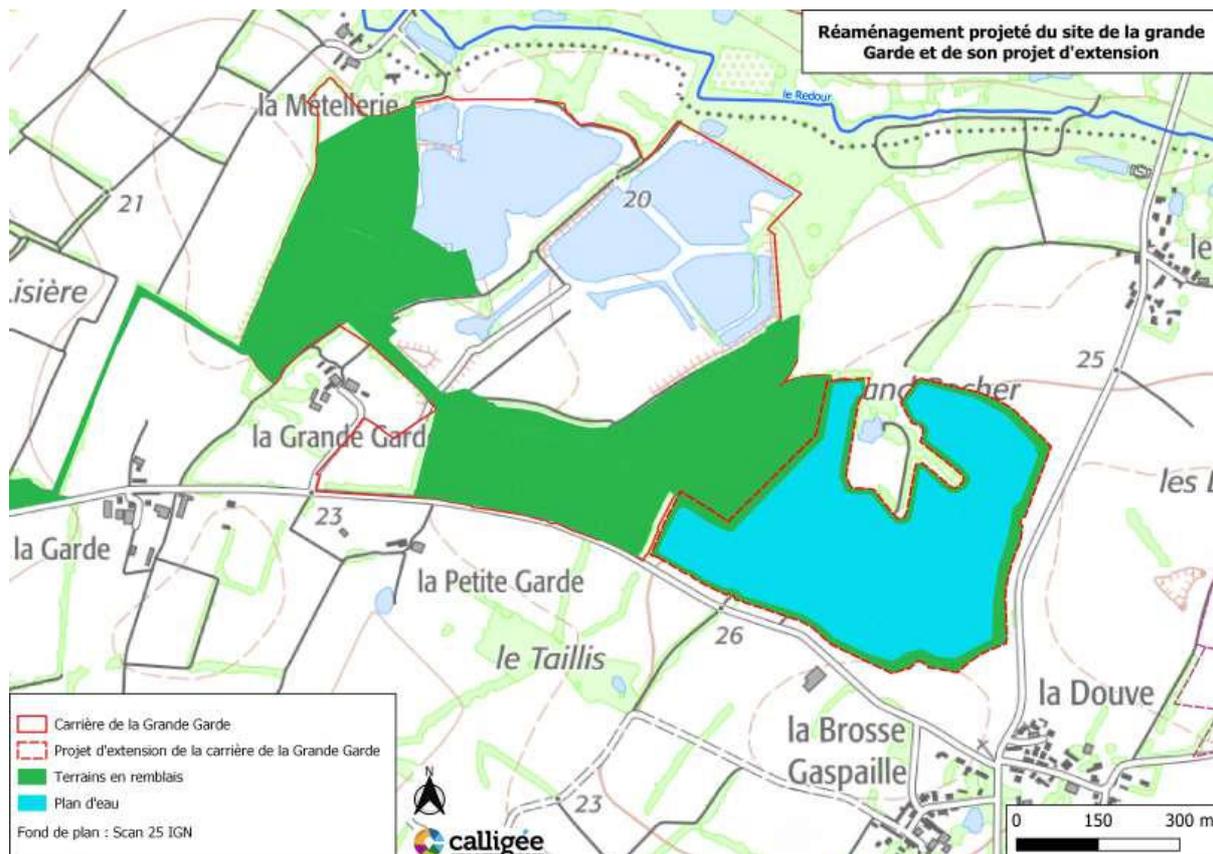


Figure 44 : Cartographie du réaménagement de la carrière de la Grande Garde et de son extension

9.3 - DONNEES D'ENTREE POUR LA CONSTRUCTION DU MODELE ET SON CALAGE

Comparativement aux précédents modèles, celui-ci est amélioré à partir des enseignements des précédents modèles, des observations de terrains sur notamment le secteur du Petit Halloué, et d'une meilleure connaissance des modalités d'exploitation aux périodes de référence.

9.3.1 - PERIMETRE DU MODELE

Le modèle hydrogéologique intègre l'emprise des deux carrières et de leur projet d'extension. Il s'étend jusqu'à l'amont du bassin sableux, sur les bordures d'affleurement du socle à l'Est et au Sud-Est. Au nord, le modèle s'appuie sur le tracé du ruisseau du Redour car il constitue l'exutoire naturel de la nappe des sables. Il est considéré que les écoulements souterrains sont régis par ce cours d'eau, et en conséquence que les écoulements souterrains ne vont pas au-delà du cours d'eau, aussi bien depuis le nord que depuis le Sud. Au Sud Sud-Ouest du modèle, de même, la limite du modèle s'appuie sur le tracé du ruisseau de la Mandironnière. La partie amont du ruisseau de la Mandironnière n'est pas intégrée au modèle car elle draine des terrains de socle.

Ainsi, volontairement, le modèle ne considère pas l'intégralité des bassins versants des cours d'eau de la Mandironnière et du Redour car ces derniers sont trop étendus et les données (géologiques et hydrogéologiques) associées à ces secteurs restent mal connues. En conséquence, les données de débits des cours d'eau ne pourront pas être utilisées comme données de calage mais elles seront utilisées d'un point de vue qualitatif, par comparaison.

9.3.2 - MAILLAGE DU MODELE

Au stade du calage du modèle, la discrétisation horizontale du modèle doit être assez fine au droit des sablières. Par ailleurs, la taille des mailles est autant que possible adaptée aux différents types de conditions aux limites appliquées au système, en particulier au niveau des axes de drainage. Le nombre de mailles par couche est adapté au degré de précisions des connaissances locales. Compte tenu de ces contraintes, le maillage est finalement constitué de 499 lignes par 706 colonnes. Les mailles carrées au droit des sites ont 7.5 m de côté. Elles deviennent rectangulaires ailleurs, avec une longueur maximale ne dépassant pas 22.5 m au niveau d' l'emprise globale du modèle (Figure 45).

Par ailleurs, la discrétisation verticale du maillage est adaptée aux contraintes géométriques générées par la présence des bassins dont la profondeur peut varier amplement selon le degr' d'avancement de leur exploitation.

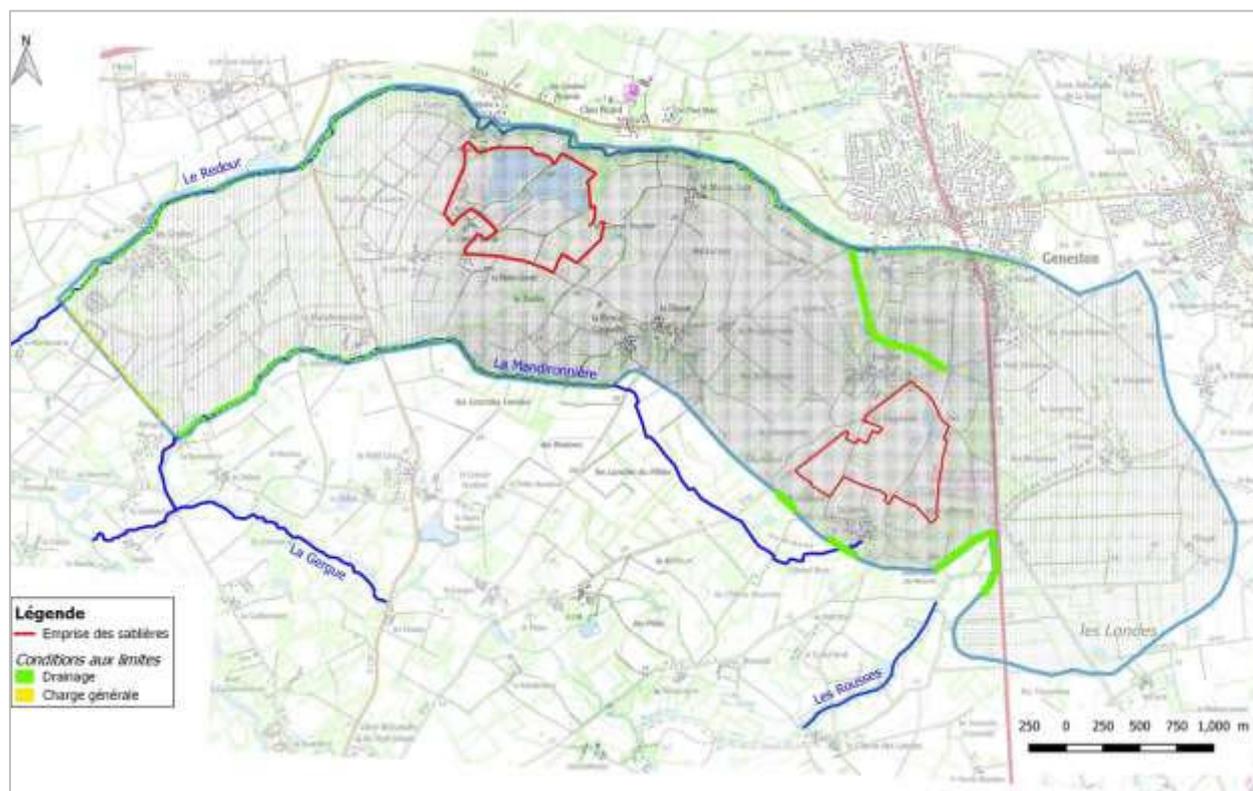


Figure 45 : Emprise et maillage du modèle

9.3.3 - ANNEE DE REFERENCE AVANT EXPLOITATION : 2003

9.3.3.1 - Période de référence

Nous ne disposons pas de données suffisamment fiables sur l'ensemble du bassin versant avant la mise en exploitation de la première carrière, GSM en 2002. Ainsi, l'année de référence de 1996-1997 utilisée dans le premier modèle GSM ne peut pas être reprise.

Or, le calage « avant exploitation » doit s'établir sur les premières années pour lesquelles nous disposons de suffisamment de données piézométriques.

Ainsi, au regard des données pluviométriques, **l'année 2003 est considérée pertinente**. Elle correspond à une année moyenne de pluviométrie annuelle (en année civile) avec 842 mm, comparable à la moyenne 1996-2020 de 890mm (-5%). Aussi, la pluviométrie de recharge hivernale (605mm) est comparable à la moyenne établie entre 2000 et 2020 (605mm).

9.3.3.2 - Données prises en compte

Voir Annexe 1

9.3.4 - ANNEE DE REFERENCE EN PHASE D'EXPLOITATION : 2014

9.3.4.1 - Période de référence

Les années 2010, 2014 et 2015 présentent des valeurs moyennes de pluviométries car +/- égales à 10% de la pluviométrie totale et +/- 10% de la pluviométrie de recharge.

En 2010, les campagnes de mesures sont assez synchrones et en cohérence avec les périodes de hautes eaux et de basses eaux. Cependant, le nombre de points de suivi au droit et autour de la carrière de la Gagnerie se limite à 6, ce qui est trop peu pour pouvoir établir une piézométrie fiable. En conséquence, l'année 2010 est écartée.

En 2014, les campagnes de mesures sont assez synchrones et en cohérence avec les périodes de hautes eaux et de basses eaux. Cette année 2014 sera donc prise pour référence.

L'année 2015 est écartée de cette analyse car :

- Bien que les campagnes des carrières en hautes eaux soient synchrones, elles ont été réalisées juste avant une forte remontée de niveau d'eau hivernale, et de surcroît avec des niveaux moyennement élevés ;
- Les campagnes piézométriques de basses eaux sont asynchrones d'environ 15 jours et hors de la période d'étiage marquée.

Pour la période de hautes eaux, qui s'établit entre le 30/01/2014 et le 10/03/2014, les campagnes prises en considération seront celles :

- du 14/01/2014 sur le secteur de la carrière de la Gagnerie (LG),
- du 28/01/2014 sur le secteur de la carrière de la Grande Garde (GSM)

Pour la période de basses eaux, dont les minimums de niveaux d'eaux sont enregistrés début novembre 2014 au piézomètre de référence, les campagnes prises en considération seront celles :

- du 25/09/2014 sur le secteur de la carrière de la Grande Garde (GSM),
- du 01/10/2014 sur le secteur de la carrière de la Gagnerie (LG).

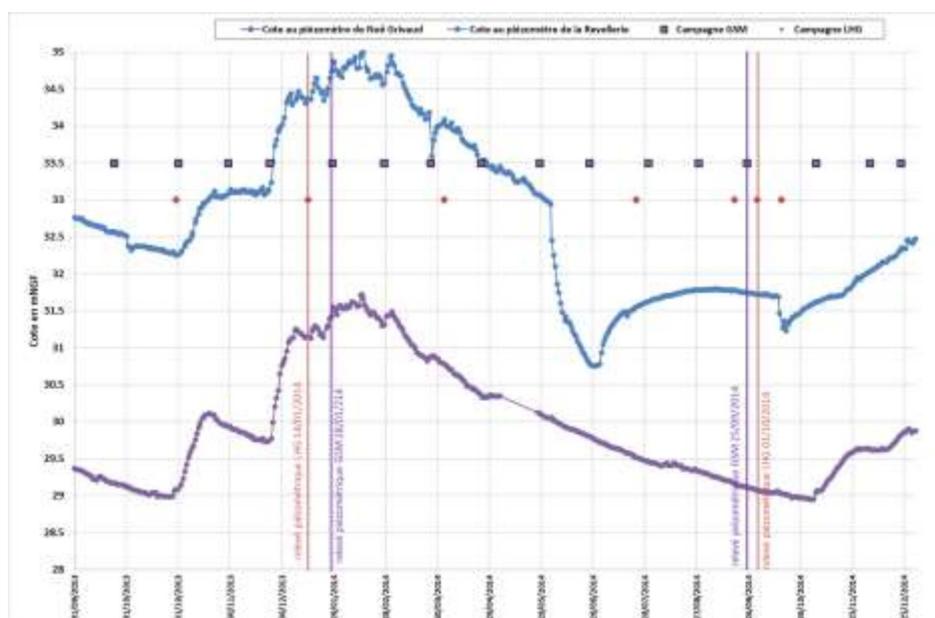


Figure 46 : Niveau de nappe au piézomètre de référence de Noë Grivaud et de la Revellerie en 2014, campagnes piézométriques des carrières

9.3.4.2 - Données prises en compte

Voir Annexe 2

9.4 - CALAGE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE

9.4.1 - PRINCIPES DU PROCESSUS DE CALAGE

Lors du calage du modèle, plusieurs types de paramètres sont ajustés simultanément, avec pour chacun d'eux des contraintes spécifiques (variations dans des limites plausibles). Sont ainsi concernés : le champ de perméabilité, le facteur modulant la recharge par la pluie efficace, les coefficients qui modulent les échanges entre la nappe et les cours d'eau et entre la nappe et les conditions de charge générale (limite aval). Par ailleurs, les apports ou les prélèvements par les conditions aux limites doivent rester dans des limites pertinentes. Il en est ainsi en particulier des débits de drainage de la nappe par les petits cours d'eau avec des échanges modulés par des coefficients ajustés pendant le calage.

Le champ de perméabilité dans la formation sableuse est représenté sous la forme d'un zonage spatial affiné au cours du calage. Cependant l'ordre de grandeur des perméabilités trouvées à l'issue des essais hydrauliques au droit des sites reste autant que possible une référence.

Par ailleurs, le champ de valeurs de la pluie efficace peut faire l'objet d'une répartition spatiale particulière, pour les besoins du calage.

Le processus de calage ainsi élaboré s'appuie donc sur deux modèles distincts l'un représentatif de l'aquifère avant la pleine exploitation des sablières (2002-2003), le second étant adapté à une phase d'extraction intensive des sables pliocènes (2013-2014). Il s'agit donc de trouver pour chacun d'eux le meilleur calage sur les données piézométriques de référence tout en assurant d'un ou l'autre la pérennité des perméabilités naturelles rencontrées sur le terrain et des caractéristiques des conditions de drain ou de charge générale (cotes de débordement, résistances hydrauliques).

9.4.2 - RESULTATS DU CALAGE

Les résultats du calage des modèles en régime permanent sont illustrés sur la Figure 47 et Tableau 11 et Tableau 12' l'objectif initial étant la prise en compte des relevés piézométriques des années 2002-2003 et 2013-2014.

Tableau 11 : Résultats du calage aux points de suivi de la nappe – Situation moyenne 2002-2003

Points de contrôle	Nom abrégé	XL93 (m)	YL93 (m)	Obs. (m NGF)	Calc. (m NGF)	Calc.-Obs. (m)
P1	P1-L	357910	6669800	32.85	32.85	0.00
E2	E2-L	357130	6670000	29.87	28.58	-1.29
E4	E4-L	357430	6669900	30.71	29.73	-0.98
E5	E5-L	356800	6669600	29.80	28.89	-0.91
E6	E6-L	357230	6669600	30.85	30.52	-0.33
SP1	SP1-11-L	357030	6670100	28.30	28.21	-0.09
SP2	SP2-L	356830	6670000	29.38	28.25	-1.13
1	Pts 1-L	357100	6669400	30.14	30.29	0.15
8	Pts 8-L	357030	6669400	28.13	30.03	1.90
12	Pts 12-L	357300	6670400	28.42	28.01	-0.41
27	Pts 27-L	357110	6670400	28.14	27.47	-0.67
26	Pts 26-L	357130	6670200	27.81	28.15	0.34
Puits n° 1	Pts 1-G	354010	6671300	19.92	20.91	0.99
Puits n° 2	Pts 2-G	354180	6671300	20.51	21.01	0.50
Puits n° 3	Pts 3-G	354540	6671200	19.83	20.38	0.55
Puits n° 4	Pts 4-G	354380	6671400	19.99	20.18	0.19
Puits n° 5	Pts 5-G	355450	6670600	23.14	22.43	-0.71
Puits n° 5a	Pts 5a-G	355270	6670900	23.97	22.92	-1.05
Piezo n° 6	Pz 6-G	354930	6671100	22.10	22.34	0.24
Piezo n° 7	Pz 7-G	355160	6671600	19.83	20.41	0.58
Piezo n° 8	Pz 8-G	354700	6671700	19.00	19.24	0.24
Piezo n° 9	Pz 9-G	354820	6672000	17.51	17.69	0.18
Piezo n° 10	Pz 10-G	353980	6671700	18.18	17.86	-0.32
Puits n° 17	Pts 17-G	354360	6672000	17.45	17.32	-0.13
Puits n°11	Pts 11-G	354550	6672100	16.76	15.50	-1.26
Puits n°12	Pts 12-G	353870	6672200	15.38	15.06	-0.32
Puits n°13	Pts 13-G	353730	6672300	14.07	14.39	0.32
Puits n°14	Pts 14-G	354170	6671900	16.53	17.91	1.38
Puits n°15	Pts 15-G	353640	6671800	14.44	15.40	0.96
Puits n°16	Pts 16-G	354530	6671900	17.93	18.19	0.26

Tableau 12 : Résultats du calage aux points de suivi de la nappe – Situation moyenne 2013-2014

Points de contrôle	Nom abrégé	XL93 (m)	YL93 (m)	Obs. (m NGF)	Calc. (m NGF)	Calc.-Obs. (m)
P1	P1-11-L	357910	6669800	32.50	32.97	0.47
P2	P2-L	357540	6670200	29.60	29.05	-0.55
P3	P3-L	356610	6669800	29.25	28.86	-0.39
E4	E4-L	357430	6669900	30.95	28.85	-2.10
E5	E5-11-L	356800	6669600	29.91	29.46	-0.45
E6	E6-11-L	357230	6669600	31.01	31.09	0.08
E7	E7-11-L	357390	6669600	32.09	31.42	-0.67
SP1	SP1-11-L	357030	6670100	29.05	29.13	0.08
SP2	SP2-L	356830	6670000	29.77	29.11	-0.66
26	Pts 26-L	357130	6670200	29.11	28.63	-0.48
P4	P4-10-L	357580	6670000	31.65	30.26	-1.39
P5	P5-10-L	357470	6670300	27.62	28.75	1.13
P6	P6-10-L	357360	6670400	27.74	28.21	0.47
P7	P7-10-L	357180	6670200	28.42	28.49	0.07
Puits n° 1	Pts 1-G	354010	6671300	20.73	20.92	0.19
Puits n° 2	Pts 2-G	354180	6671300	21.37	20.86	-0.51
Puits n° 3	Pts 3-G	354540	6671200	19.84	19.87	0.03
Puits n° 4	Pts 4-G	354380	6671400	20.09	19.69	-0.40
Puits n° 5	Pts 5-G	355450	6670600	23.57	22.47	-1.11
Puits n° 5a	Pts 5a-G	355270	6670900	23.73	22.80	-0.93
Piezo n° 6	Pz 6-G	354930	6671100	21.80	21.75	-0.05
Piezo n° 9	Pz 9-G	354820	6672000	17.25	18.32	1.07
Piezo n° 10	Pz 10-G	353980	6671700	18.36	17.77	-0.59
Puits n° 17	Pts 17-G	354360	6672000	17.25	17.33	0.08
Puits n° 11	Pts 11-G	354550	6672100	16.71	15.78	-0.93
Puits n° 12	Pts 12-G	353870	6672200	15.95	14.98	-0.97
Puits n° 13	Pts 13-G	353730	6672300	14.23	14.31	0.08
Puits n° 14	Pts 14-G	354170	6671900	16.68	17.81	1.13
Puits n° 15	Pts 15-G	353640	6671800	14.81	15.36	0.55
Puits n° 18	Pts 18-G	355940	6671700	21.55	21.71	0.16
Puits n° 19	Pts 19-G	355890	6671600	22.00	21.99	-0.01
Noë Grivaud	Pz Ref N G-A	357940	6670500	30.18	30.65	0.47

Les valeurs du champ de perméabilités (similaire' d'un modèle ' l'autre) restent dans une gamme de valeurs plausibles quoique étendue. Au droit du site de la Grande Garde, elles sont comprises entre $3 \cdot 10^{-6}$ et $2.5 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹ l'ordre de grandeur le plus courant étant de 10^{-4} m.s⁻¹. ' l'ouest et ' l'aval la sablière, elle' s'étendent de $2 \cdot 10^{-5}$ à $6 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹. La perméabilité est ajustée à $8.5 \cdot 10^{-5}$ m.s⁻¹ dans le vaste secteur ' l'aval de la RD 178.

Dans la partie amont du modèle, et en particulier dans le secteur de la sablière de la Gagnerie, les perméabilités sont comprises entre $8 \cdot 10^{-5}$ et $3 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹, selon un zonage simplifié.

Dans le cas du modèle centré sur la période 2002-2003, une adéquation satisfaisante est observée entre piézométries calculées et observées, avec une bonne corrélation d'ensemble.

La carte piézométrique moyenne simulée pour la période 2002-2003 montre la forte structuration des écoulements par le réseau naturel de drainage du bassin pliocène. Le Redour es' l'axe le plus influent mais le rôle de La Mandironnière est également marqué. La carte simulée indique que les écoulements souterrains au droit du puits n°5 et, dans une moindre mesure du puits n°5a sont plutôt dirigés vers ce petit cour' d'eau (Figure 48 et Figure 49). Les tests effectués lors du calage ont mis en évidence le rôle important de structures de drainage latérales dans la partie amont. Leur prise en compte est justifiée par les prospections effectuées sur le terrain et une adéquation marquée entre les vues aériennes et les cartes topographiques et géologiques. Ainsi, sur la partie sud de la ligne de partage des eaux souterraines, les conditions de drain imposées au niveau du lieu-dit du Petit Halloué, du hameau de La Lande et de la tête du bassin versant du ruisseau des Rousses sont actives et permettent' d'abaisser le niveau de la nappe proche de la topographie lorsque la recharge est plutôt soutenue. Rappelons que les sondages récents en bordure sud de la sablière de la Gagnerie ont révélé une épaisseur assez importante des sables en limite même du bassin pliocène. Une continuité hydraulique est donc plausible avec le petit corridor alluvial de La Mandironnière intercalé entre les bande' d'affleurement du socle qui borden' l'aquifère étudié.

Par ailleurs, le talweg du lieu-dit des Trois Marais, qui longe la limite nord du hameau de Lincuire puis rejoint le Redour, paraît suffisamment prononcé pour justifie' l'implantation dans le modèle' d'une condition de drain, avec des cotes de débordement conformes à la topographie. Les essais de calage ont montré que cette structure est plutôt active et contribue à abaisser le toit de la nappe dans la partie amont du modèle en particulier lors de recharges soutenues. Cette structure est assez déterminante pour améliorer le calage au niveau des puits du hameau de Lincuire et même du piézomètre de référence de La Noë Grivaud.

Dans le cas du modèle axé sur la période 2013-2014, la corrélation entre les observations et les calculs est globalement satisfaisante, avec notamment une assez bonne adéquation su' l'ensemble des piézomètres du réseau de suivi, y compris les plus éloignés du site. Il en est ainsi dans le secteur du Marais Gâté, avec des puits domestiques ou agricoles proches de la sablière GSM. Cependant, font exception les puits n°5 et 5a de la Brosse Gaspaille, avec des niveaux sous-estimés. Ces deux derniers fon' l'objet du paragraphe suivant.

La carte piézométrique de la période 2013-2014 montre que les bassins en eau modifient amplement les écoulements en périphérie des sablières. A priori, par rapport à la situation antérieure ' l'exploitation, est observée une tendance générale à la hausse des niveau' d'eau ' l'aval des site' d'extraction et une baisse à leur amont hydraulique, tout au moins aux environs immédiats de la sablière GSM. Toutefois' l'amplification du phénomène par les pompages de rabattement / traitement est plutôt modérée (Figure 50 et Figure 53). Au niveau de la sablière LG, le circuit moyen des eaux (poussage et traitement) implique dans le modèle un surplus d'eau, lequel est réinjecté massivement au droit du futur bassin B6, dont seules les couches superficielles avaient été extraites. En conséquence, cette réinjection dans le modèle, peut-être non réelle dans la réalité, implique une recharge imposée directement à cet endroit. Elle induit un net dôme piézométrique don' l'impac' s'étend ' l'aval du site, sur les puits les plus au sud de Lincuire. Cette situatio' n'est naturellement pas amenée à perdurer au fur et à mesure de la progression d' l'exploitation.

Dans le cas du site LG, il était supposé que le bassin B' n'était pas encore en exploitation. Tout au plus les couches superficielles avaient été enlevées' C'est ce'qu'ils appellent un bassin hors sol apparemment. Sans doute peut-il collecter d' l'eau, mais qu' s'infiltre ensuite puisque la nappe est sensée être en-dessous. Donc dans le modèle, e'

d'après le schéma de circulation des eaux, les eaux de poussage / traitement sont finalement rejetées dans l'emprise du B6 (hors BP1) et il n'y a pas le choix que de le faire par une recharge super-augmentée, estimée à partir du débit rejeté rapporté à la surface de B6. D'où le dôme piézométrique qui se produit du fait de la perméabilité. Par la suite et peu de temps après, le B6 est exploité et devient un véritable bassin, avec une condition de lac. Et la phénoménologie est alors différente, surtout s'ils pompent dedans.

À l'échelle du bassin pliocène, la carte d'impact piézométrique illustre que les cônes d'incidence moyens restent limités autour des carrières, ce qui signifie une absence d'interférences significatives entre les deux exploitations, donc l'une (site LG) a encore une extension relativement limitée (Figure 54 et suivantes).

Nous attirons l'attention sur le fait que le calage est effectué en régime permanent et qu'il ne peut rendre compte qu'une évolution moyenne de la piézométrie.

Les différents tests de sensibilité menés pendant les simulations montrent que la dynamique globale des écoulements est fortement influencée par la recharge et le champ de perméabilité des sables du Pliocène, avec des effets antagonistes. En second lieu, les coefficients qui modulent les échanges de la nappe avec les ruisseaux et avec l'aquifère à l'aval du domaine de modélisation permettent de gérer le drainage en hautes eaux tout comme le tarissement de la ressource. À l'état actuel du calage, les résistances hydrauliques aux interfaces considérées sont plutôt faibles. Les débits échangés avec le milieu extérieur atteignent un palier lorsque ces paramètres sont encore diminués.

Enfin, les résistances hydrodynamiques des berges et du fond des bassins ont un impact prédominant du fait de la sollicitation soutenue des plans d'eau par des transferts d'eau importants pour les besoins du transport et du traitement du sable. Cette tendance est manifeste quant aux bassins de poussage et d'eau claire avec des pompages très importants, ou bien dans des bassins où l'extraction est active en immersion et nécessite donc un pompage de rabattement.

Dans le cas de la période 2002-2003, le meilleur compromis en termes de calage a été trouvé pour une recharge globale de 345 mm/an dans la partie centrale du domaine de modélisation, qui inclut le site GSM. Ailleurs, le processus a abouti à des recharges sensiblement plus faibles, en particulier dans la zone aval moins perméable et dans la partie amont du modèle (300 mm/an). Dans ce secteur, les drains latéraux sont mis à contribution lorsque la pluie efficace est importante.

La phénoménologie est similaire dans le cas de l'année 2013-2014, avec une recharge maximale légèrement plus importante de 360 mm/an.

Le Tableau 13 donne une estimation des volumes d'eau drainés par les différentes conditions aux limites du modèle, pour la période 2002-2003. Les ruisseaux assurent l'essentiel du drainage. À l'amont, les conditions de drain de part et d'autre de l'axe du bassin pliocène sont plutôt actives.

Tableau 13 : Ordre de grandeur des débits évacués du système modélisé pendant la période 2002-2003

Limite	Redour	Trois Marais	Drains sud	Mandironnière aval	Vidange de la nappe aval
Débit (m ³ /j)	5 520	2 600	1 170	2 250	370
Débit (l/s)	64	30	14	26	4.3

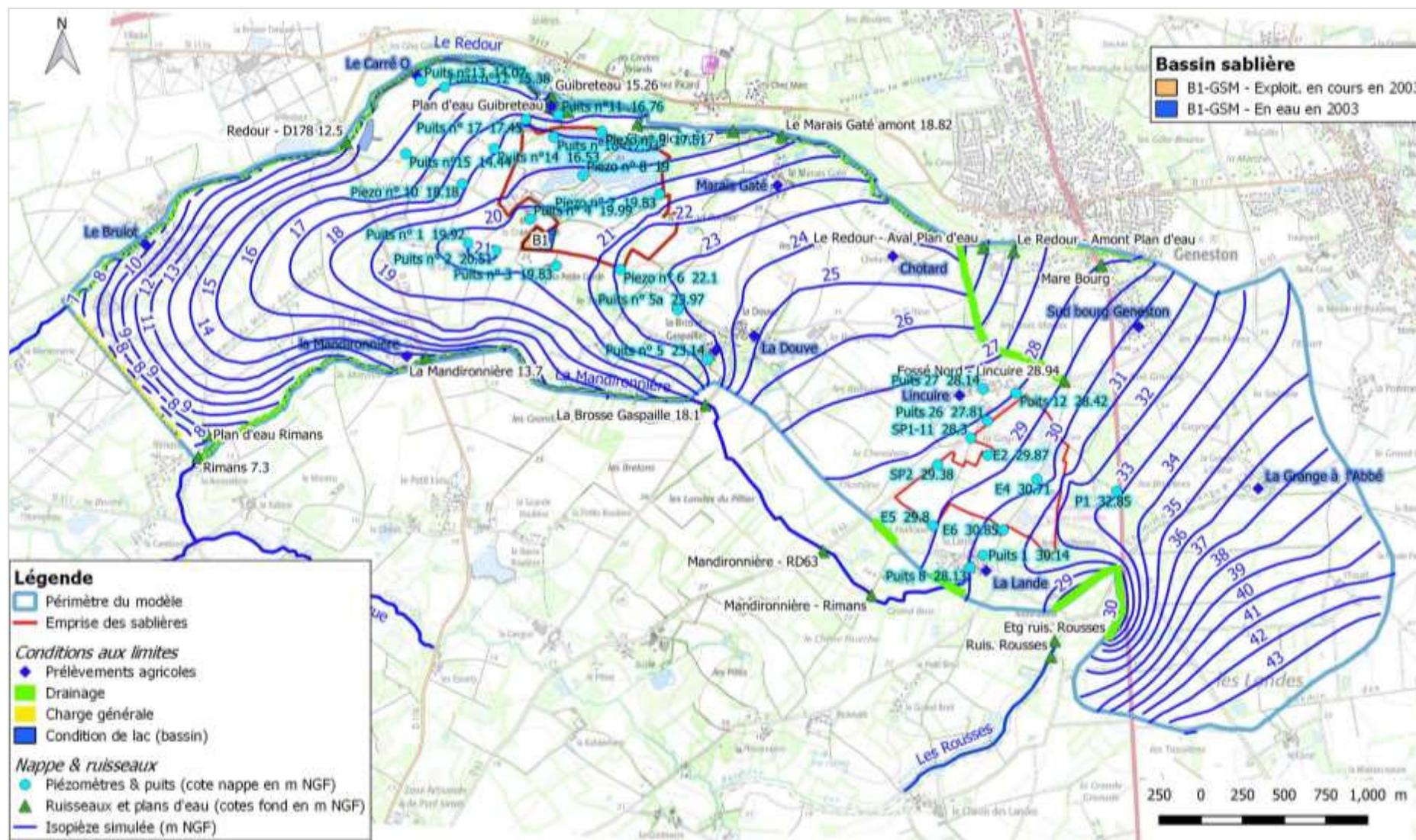


Figure 48 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2002-2003)

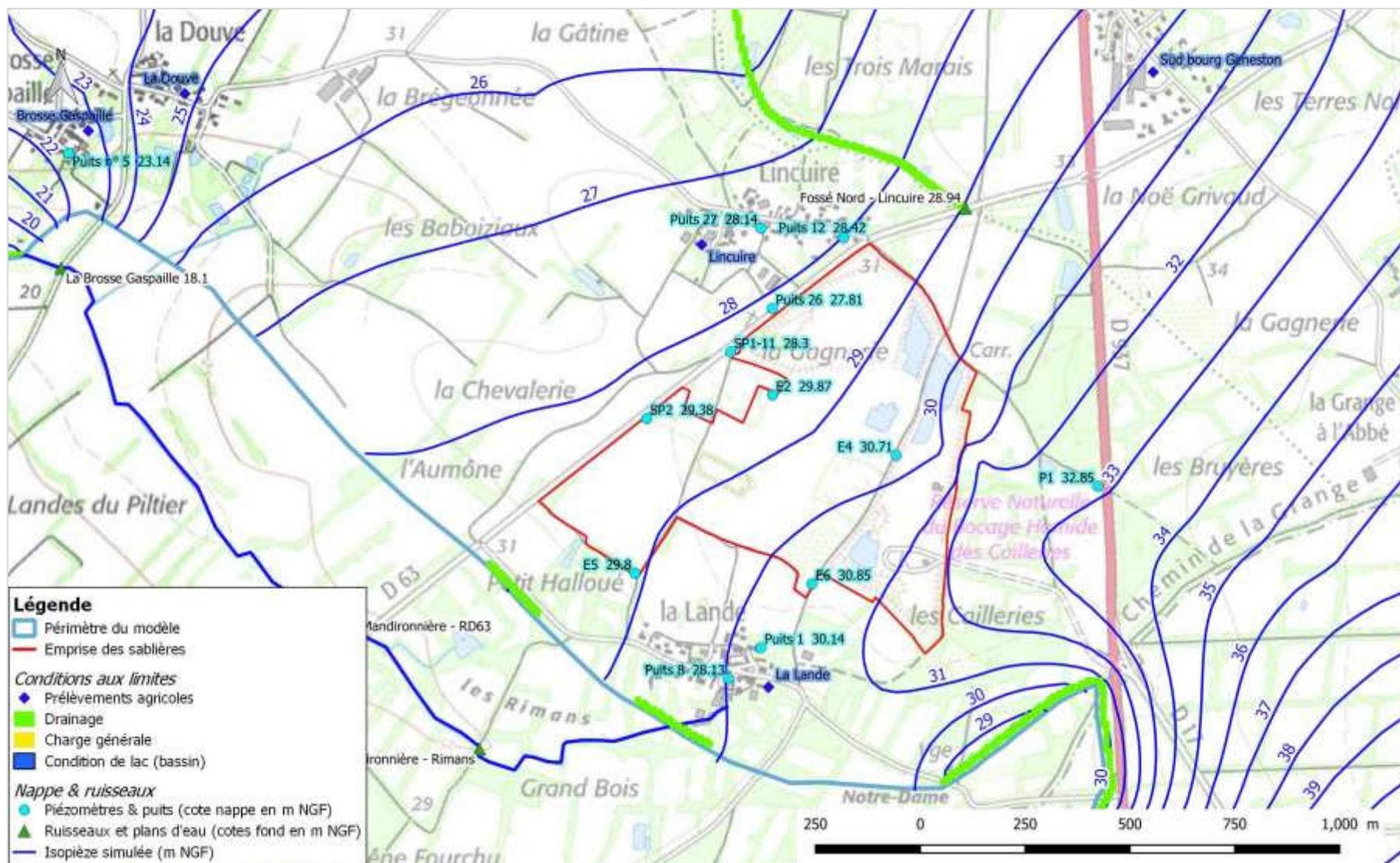


Figure 50 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2002-2003) – détail dans le secteur de la sablière de la Gagnerie

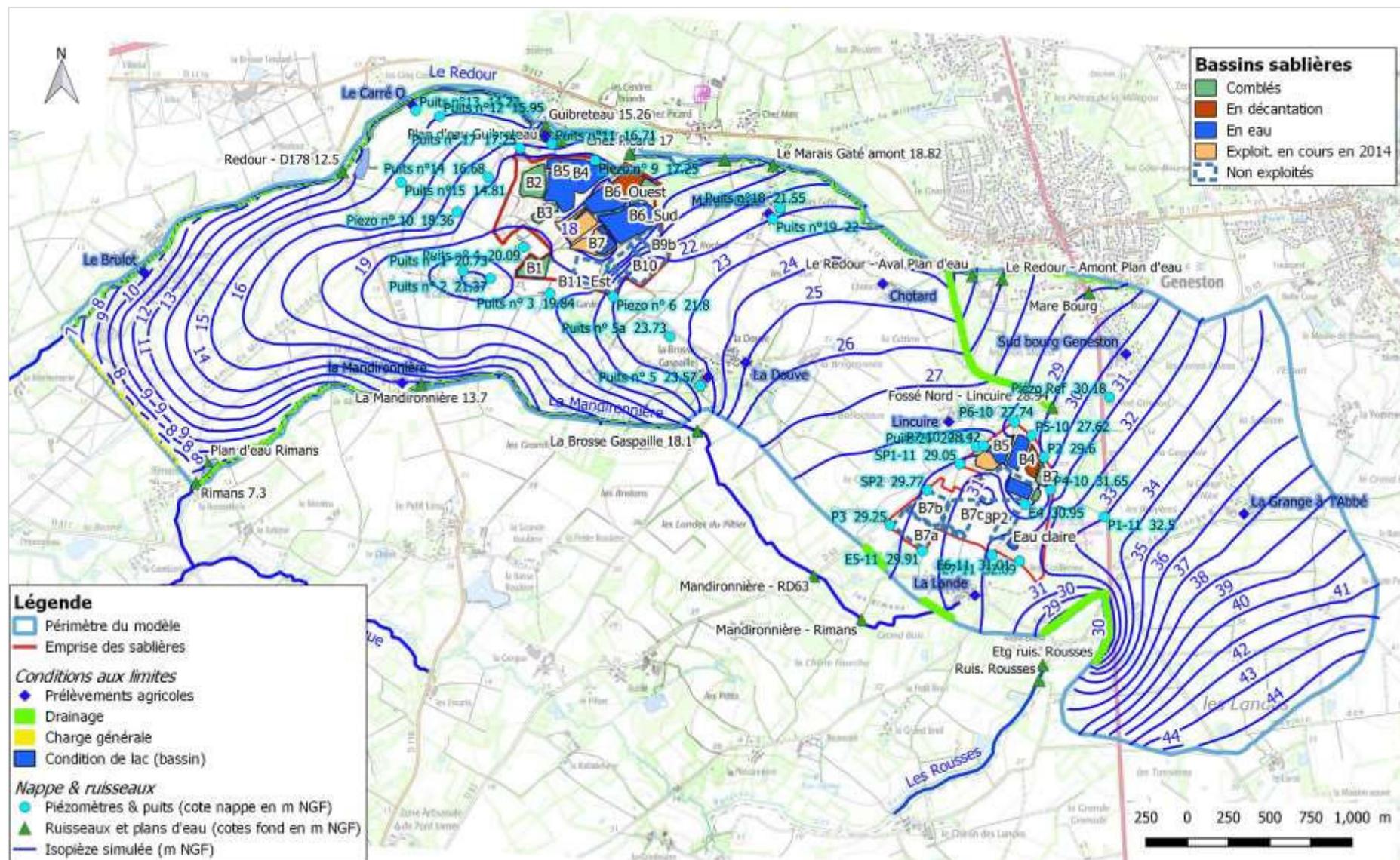
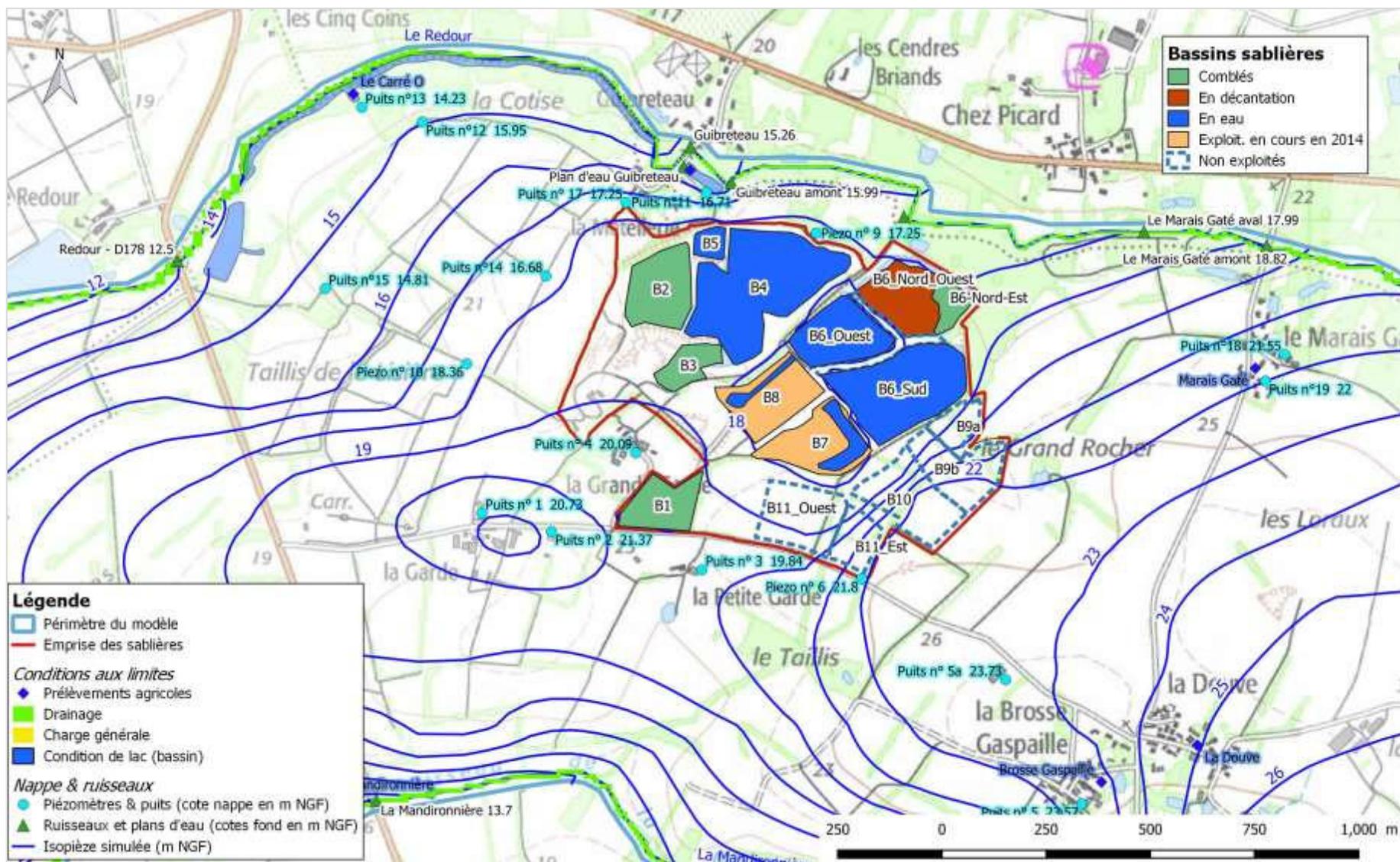


Figure 51 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2013-2014)



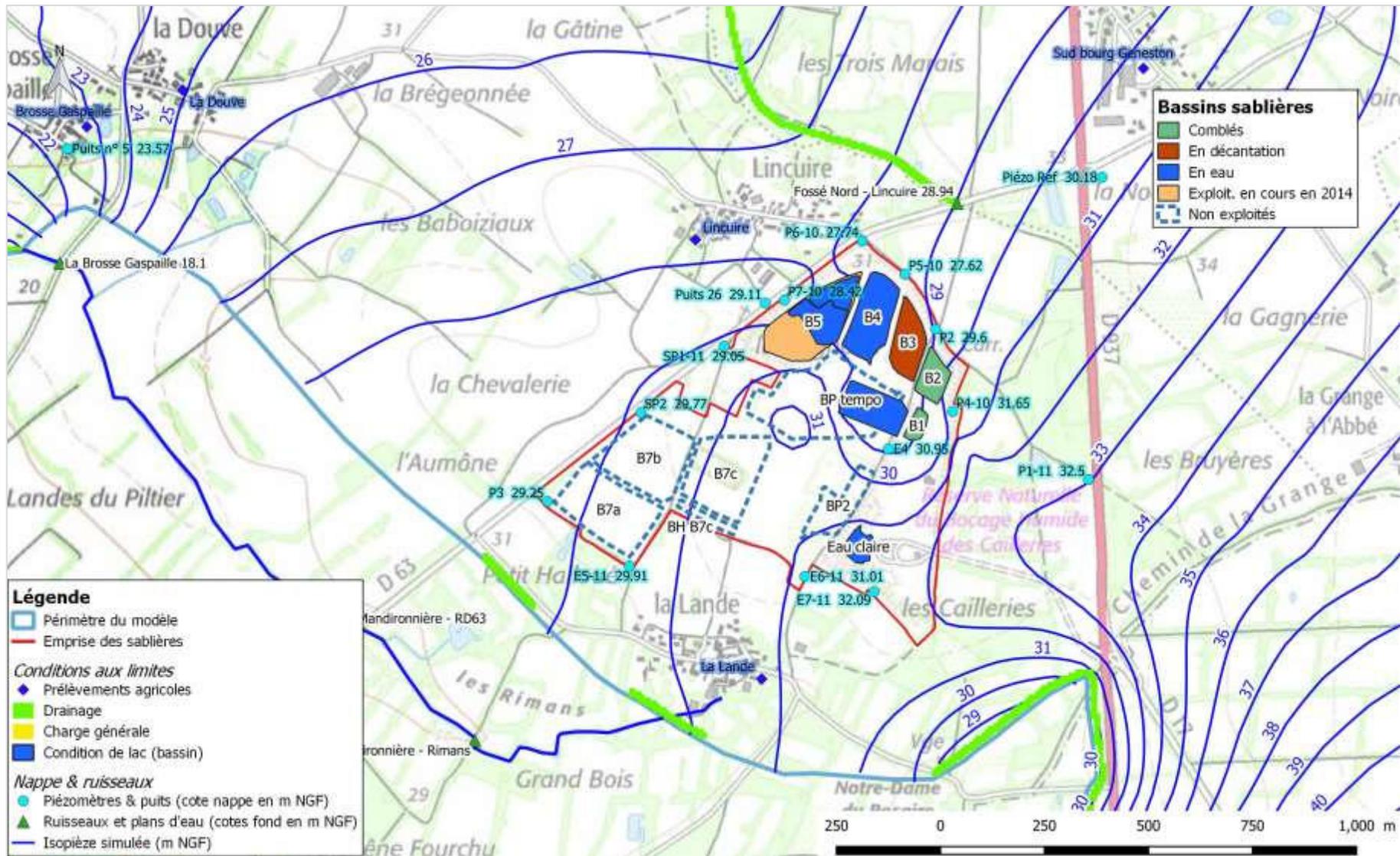


Figure 53 : Piézométrie simulée de la nappe des sables du Pliocène après calage du modèle (situation moyenne 2013-2014) – détail dans le secteur de la sablière de la Gagnerie

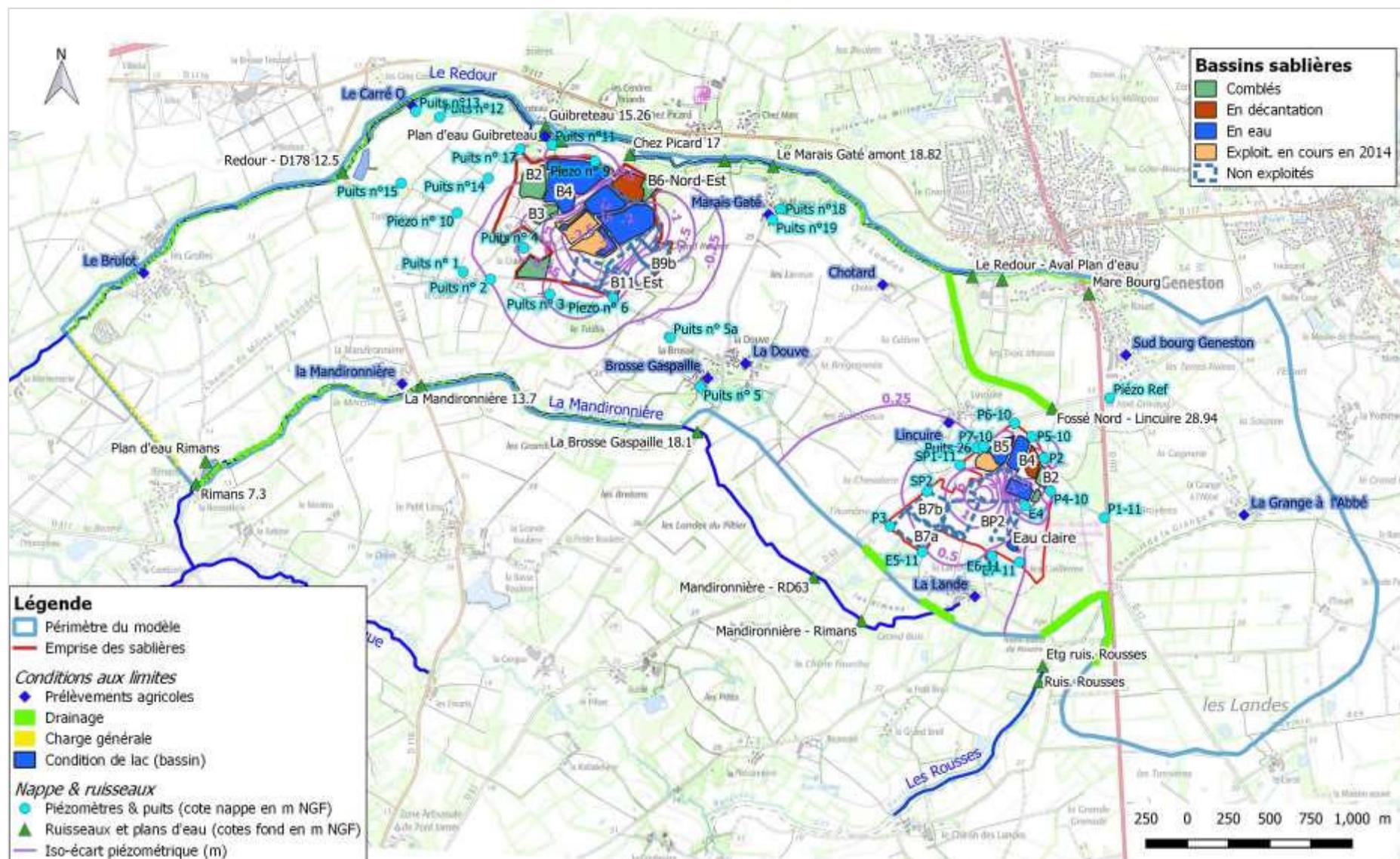


Figure 54 : Ecart piézométrique simulés (h2013-2014 / h2002-2003), avec des conditions de recharges identiques entre les deux situations

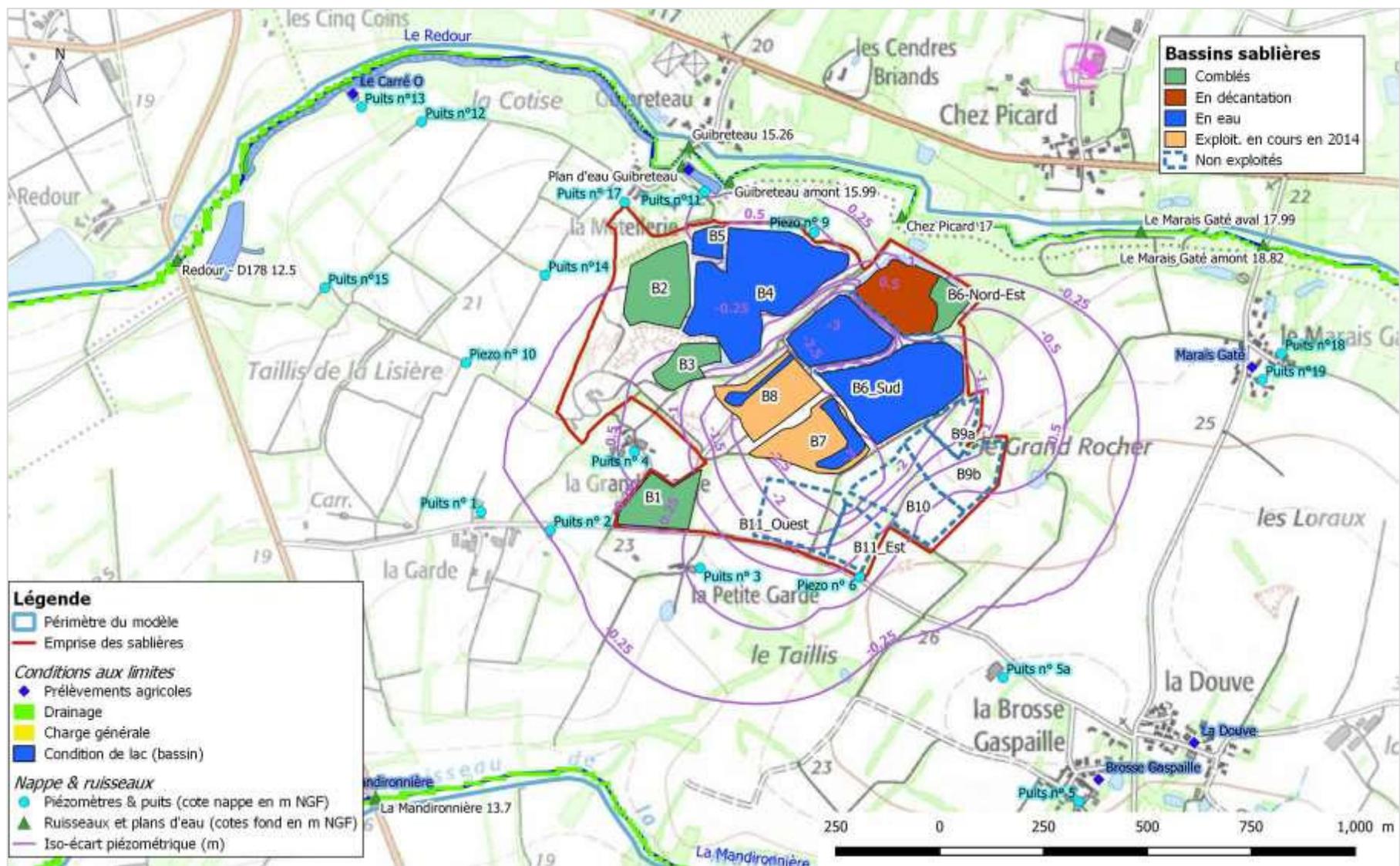


Figure 55 : Ecarts piézométriques simulés (h2013-2014 / h2002-2003), avec des conditions de recharges identiques entre les deux situations – détail dans le secteur de la Grande Garde

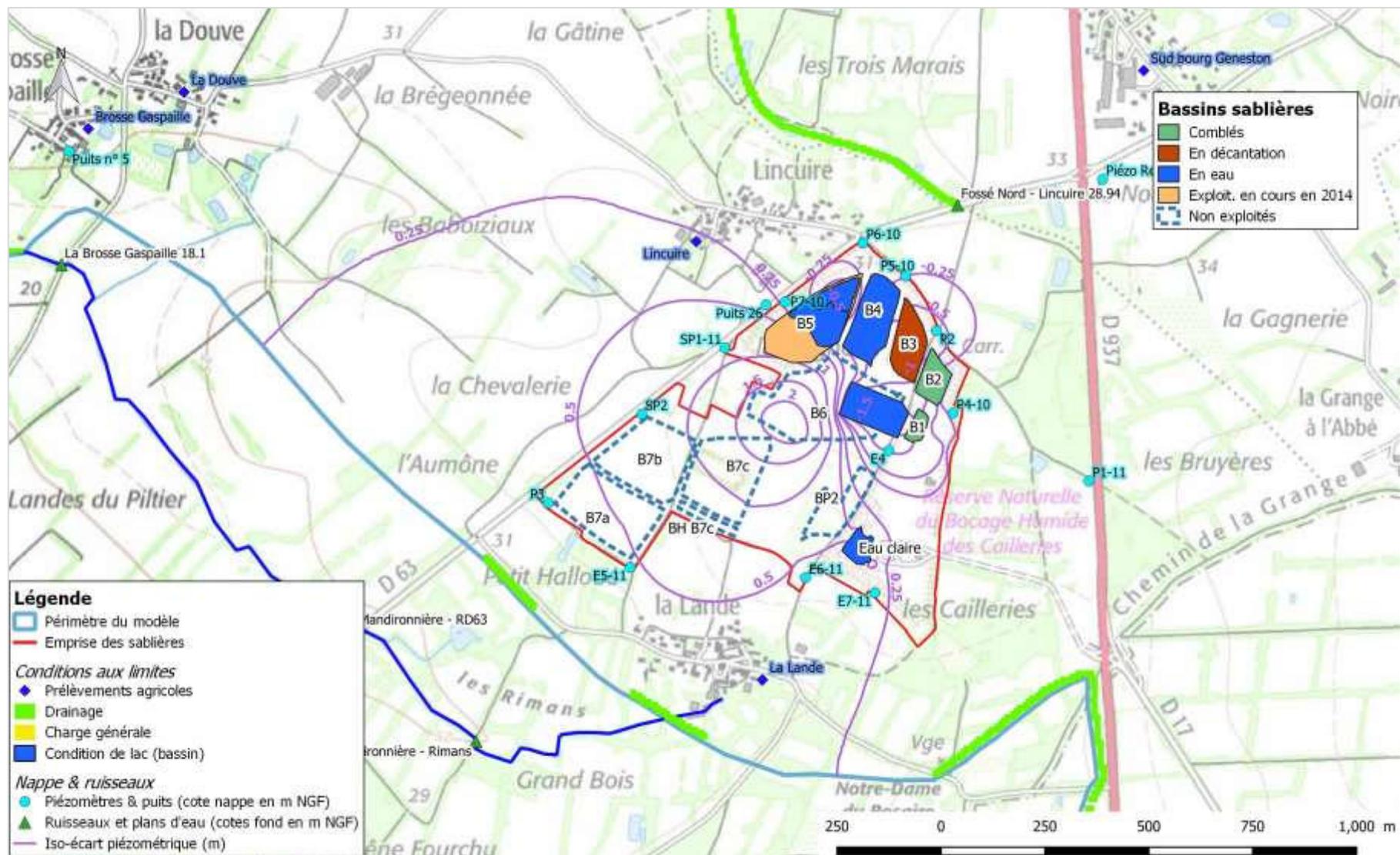


Figure 56 : Ecarts piézométriques simulés (h2013-2014 / h2002-2003), avec des conditions de recharges identiques entre les deux situations – détail dans le secteur de la Gagnerie

9.5 - SIMULATIONS

Plusieurs simulations ont été menées avec des conditions générales communes (9.5.1 -).

La synthèse des résultats et des conclusions des simulations réalisées de façon itérative, nécessaires au choix du projet final, sont présentées en chapitre 9.5.2 - .

Il s'en suit les 4 simulations portant sur le projet final (9.5.3 - à 9.5.4 -).

L'ensemble des simulations intègre également le projet d'extension de la carrière LG.

Suite aux premiers avis des administrations sur le dossier en début d'année 2023, GSM a très légèrement revu son projet en réduisant la surface d'exploitation de 22,3 ha à 22 ha.

Les simulations et donc les illustrations associées ont été réalisées avec le projet de 22,3ha. Cependant, au regard de la faible réduction de surface exploitée, les résultats présentés par la suite restent tout de même valables.

9.5.1 - CONDITIONS GENERALES PRISES EN COMPTE

- Pluviométrie : Sur la base d'une année quinquennale sèche (quasi similaire à 2017). En 2017, précipitations de 722 mm/an et ETP de 716 mm/an. La recharge théorique est de 193 mm/an. Lors des tests, la recharge a donc été admise à 193 mm/an mais il s'agit d'une valeur maximale. Le calage du modèle avait abouti en effet à un zonage spatial de la recharge. Pour la simulation, ce zonage est respecté, avec des valeurs imposées au prorata de celles qui avaient été trouvées lors du calage. Au droit des bassins en eau (maraîchers et sablières), il est admis (conformément à la doctrine de la DREAL sur la région Centre Val de Loire) que la recharge est équivalente à P-ETP, soit 6mm/an en année quinquennale sèche. Il a volontairement été pris en compte une année sèche de façon à intégrer la notion de changement climatique qui pourrait se traduire par des étés plus marqués.
- Prélèvements = petits prélèvements dans les hameaux + prélèvements agricoles moyens de la période 2014-2019 + prélèvements GAEC de la Douve à la Bregeonnée, soit environ 173 000 m³/an dont 9 800m³ pour la Bregeonnée
- Conditions de drains (ruisseaux / fossés) inchangées par rapport à celles du calage du modèle. Il s'agit du fond des cours d'eau pour les cotes de drainage.
- Conditions de charge générale à la limite aval du modèle inchangées par rapport à celle du calage du modèle.
- Tous les bassins sont supposés exploités jusqu'au fond, c'est-à-dire jusqu'au substratum
- Perméabilités considérées :
 - 1 m/s pour les bassins en eau,
 - 10⁻⁷ m/s pour les bassins remblayés
 - 10⁻⁶ m/s pour des digues reconstituées à partir de stériles d'exploitation

9.5.2 - SIMULATIONS REALISEES POUR LE CHOIX DU PROJET

Le tableau ci-après synthétise les différentes simulations s'appuyant sur des principes d'extraction de matériaux jusqu'à la base du gisement avec modulation locale des niveaux de nappe ; et renvoi des eaux vers les barrières hydrauliques périphériques pour essayer de limiter les effets sur les plus proches puits situés dans les hameaux.

Sont portés en annexe : les schémas de principe d'exploitation de chaque scénario, les piézométries simulées, les comparaisons à la piézométrie simulée en situation initiale (équivalent 2003) avec une pluviométrie quinquennale sèche.

Les résultats obtenus par ces simulations et notamment les simulations S3 et S4 ont conduit le carrier à un choix final distinct :

- Abandon de la technique pressentie initialement d'extraction des matériaux avec modulation des niveaux d'eau ;
- Extraction par des engins de type dragueline de façon à ne pas faire de modulation des niveaux de nappe et éviter ainsi les risques d'abaissement de niveaux de nappe sur les puits les plus proches de la carrière ;
- Conservation uniquement des pompages pour le fonctionnement de l'installation, fonctionnant en circuit fermé avec renvoi des boues dans un ancien bassin exploité ;
- Exploitation de la zone à proximité du bassin B11Est de l'exploitation existante dès la Phase 2 pour permettre in-fine des transferts d'eau par surverse entre les bassins d'évacuation des boues et celui de pompage.
- Mise en œuvre de matériaux peu perméables sur une partie de la berge Est de la zone d'extension, à proximité des hameaux de la Douve et de la Brosse Gaspaille, pour limiter les effets induits par le grand plan d'eau créé.

Tableau 14 : Simulations itératives et principaux résultats

Date de réalisation des simulations	N° simul.	Date des projets	Stade du projet	Principaux résultats obtenus
Août 2021	S1	Projets des carrières à l'été 2021	site réaménagé	Dans le secteur de l'extension carrière GSM, le niveau de la nappe augmente sensiblement, sous l'effet des interférences avec les réaménagements à l'amont et surtout du barrage partiel induit par l'alignement des bassins remblayés B9 à B12. Plus au nord-ouest, l'agencement des lacs (B4 / B5 et B6 / B7 / B8) et des zones remblayées n'induit que très peu de perturbations en dehors du périmètre de l'exploitation. Les cotes de surverse des lacs ont probablement un rôle complémentaire dans ce phénomène.
Octobre 2021	S2a	Projets des carrières à l'été 2021	2026 : exploitation avec système de régulation des niveaux d'eau et barrières hydrauliques	Les résultats obtenus par les simulations S2a, S2a-0 et S2b montrent : <ul style="list-style-type: none"> les barrières hydrauliques périphériques au projet d'extension de GSM permettent de palier les effets au Nord-Est, à l'Est et au Sud-Est du site, mais pas au Sud-Ouest (Grande Garde : -1,5m). des gros volumes d'eau transférés depuis la zone d'extraction centrale vers les barrières hydrauliques et l'usine de production, pouvant générer des déséquilibres locaux ; L'exploitation des carrières avec modulation des niveaux d'eau a un fort impact sur les environs dans leur globalité ; Les fortes interférences entre les projets d'extension de carrières de GSM et de LG la nécessité de la prise en compte du projet d'extension de la carrière LG afin de cerner les effets cumulés notamment à la Douve, La Brosse Gaspaille.
Octobre 2021	S2a-0	Projets de GSM de l'été 2021	2026 : exploitation avec système de régulation des niveaux d'eau et barrières hydrauliques Absence d'extension de la carrière LG	
Octobre 2021	S2b	Projets des carrières à l'été 2021	2026 : exploitation sans système de régulation des niveaux d'eau et sans barrières hydrauliques	
Novembre 2021	S1bis	Projets des carrières à l'automne 2021	site réaménagé (idem S1 en dehors de la mise en place de digues constitués de matériaux plus perméables entre B11Est, B11Ouest et B12)	La simulation S1bis du réaménagement des carrières GSM et LG indique une faible incidence (moins de 25cm d'écart de piézométrie) sur les puits et forages captant l'aquifère des sables pliocènes en périphérie de la carrière GSM et de son extension projetée.
Novembre 2021	S2bis	Projets des carrières à l'automne 2021	2026 : exploitation avec système de régulation des niveaux d'eau et barrières hydrauliques	Le plan d'exploitation, avec la présence de barrières hydrauliques au Nord et au Sud, permet une exploitation des bassins Bex1-2-3 avec abaissement du niveau de nappe à 14 mNGF. Les effets en périphérie sont nuls (Marais Gâté) à négligeable (la Douve) sur la piézométrie. La prise en compte du projet d'extension de LG est indispensable car celui-ci a un fort impact sur les environs dans la globalité, notamment au droit du hameau du Marais Gâté.
Novembre 2021	S3	Projets des carrières à l'automne 2021	2032 : exploitation de la zone la plus proche du Marais Gâté, sans régulation des niveaux d'eau	Le plan d'exploitation de GSM projeté en 2032 permet une exploitation à la pelle à bras du bassin Bex9 et de la digue bordant la barrière hydraulique Nord (proche du Marais Gâté), en ayant à la fois la disponibilité d'eau pour le process d'exploitation et en ayant une incidence limitée sur la piézométrie au droit du projet. En périphérie du projet, les 4 points tests indiquent des abaissements de niveau d'eau sur 3 d'entre eux. A la Brosse Gaspaille (Puits n°5), la baisse est de l'ordre de 30cm. Au Marais Gâté et à La Bregeonnée, les incidences sont de l'ordre du mètre. <i>Ces incidences piézométriques sont à mettre en relation avec un scénario d'exploitation projeté par LG avec modulation des niveaux de nappe – scénario aujourd'hui écarté</i>
Novembre 2021	S4	Projets des carrières à l'automne 2021	2034-2035 : exploitation de la zone la plus proche de la Douve et de La Brosse Gaspaille, sans régulation des niveaux d'eau	Le phasage de GSM prévue en 2034-2035, permet une exploitation à la pelle à bras des bassins Bex11 et Bex12 et de la digue bordant la barrière hydraulique Sud, en ayant la disponibilité d'eau pour le process d'exploitation. La piézométrie est peu impactée au droit de l'emprise du projet d'extension de la carrière de GSM, si ce n'est un abaissement de l'ordre de 50 cm au nord du hameau de la Douve. Ceci étant, comme l'indique les valeurs sur les points tests ci-après, l'incidence piézométrique n'est pas identique sur toute la périphérie du projet d'extension de la carrière. Elle est significative à hauteur de la Bregeonnée (-1.42m) et à La Brosse Gaspaille (-35cm), inexistant au Marais Gâté et à l'Ouest de la Brosse Gaspaille. <i>Ces incidences piézométriques sont à mettre en relation avec un scénario d'exploitation projeté par LG avec modulation des niveaux de nappe – scénario aujourd'hui écarté</i> En conséquence, le phasage projeté par GSM pour son extension de carrière en 2034-2035 est pertinent pour limiter les incidences piézométriques. Les modifications de projet apportées par LG par la suite apportent une amélioration en réduisant les impacts
Printemps 2022	S1V10	Projets des carrières au	2024-2025 : exploitation de la phase 2 proche de la Petite Garde sans régulation du niveau dans le bassin,	La piézométrie est très légèrement augmentée en amont de la carrière (0 à +25cm à la Douve), en lien avec les activités en dehors de l'extension de la carrière de la Grande Garde.

Date de réalisation des simulations	N° simul.	Date des projets	Stade du projet	Principaux résultats obtenus
		printemps 2022	avec circuit d'eau fermé concentré sur partie sud (pompage dans bassin B11Est et rejet dans bassin B12 – le grand plan d'eau B6-B7-B8 n'est plus sollicité	<p>Au sein de la carrière, on observe localement des dômes piézométriques en lien avec le remblaiement par des matériaux peu perméables qui contraignent les écoulements.</p> <p>Les effets des plans d'eau créés par la carrière et des bassins remblayés se compensent. Ainsi, les niveaux d'eau en aval de la carrière sont comparables à ceux de la situation de référence, hormis en aval immédiat du bassin B4-B5 où une élévation des niveaux de nappe serait de l'ordre de 50cm</p>
Printemps 2022	S1option1	Projets des carrières au printemps 2022	2040 : zone d'extension totalement extraite mise en eau = site réaménagé	<p>Les niveaux de nappe en amont des plans d'eau sont légèrement abaissés comparativement au niveau de référence, au maximum environ 25cm à la Douve. La faible perméabilité des matériaux de remblais limite les circulations et favorisent ainsi des dômes ponctuels de piézométrie pouvant dépasser +2m par rapport à une piézométrie de référence. Ces bassins comblés de fines constituent également des barrières aux écoulements de la nappe ; raison pour laquelle quelques digues transverses (dignes 3 et 4) ont été retenues dans ce plan de réaménagement, venant atténuer ces effets.</p> <p>La conjugaison des bassins laissés en eau et des bassins remblayés conduit à un abaissement local des niveaux de nappe de l'ordre d'un mètre entre les bassins remblayés B9-10 et le grand plan d'eau B6-7-8, effet circonscrit à l'emprise de la carrière.</p> <p>Le réaménagement de la carrière de la Grande Garde et son extension, couplé à celui de la carrière de la Gagnerie et de son extension projetée, aura une faible incidence (25cm maximum d'écart de piézométrie) sur les puits et forages captant l'aquifère des sables pliocènes en périphérie de la carrière GSM et de son extension projetée.</p> <p>La création des plans d'eau aura comme effet d'amortir les variations saisonnières des niveaux de nappe sur les puits périphériques. Ainsi, les niveaux de basses eaux devraient être un peu plus élevés et ceux de hautes eaux un peu plus bas.</p>

9.5.3 - SIMULATION DU PROJET FINAL : SITE EN EXPLOITATION AU PLUS PROCHE DU HAMEAU DE LA PETITE GARDE – 2024-2025

9.5.3.1 - Conditions d'exploitation

Voir Figure 57

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés en 2025
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b nord, B9b, B10 comblés par des fines au-dessus du toit de la nappe
- Bassins B11Ouest et B11 Est encore fusionnés, en eau ;
- Dignes 1, 3 et 4 comblées avec des stériles d'exploitation

Extension carrière Grande Garde :

- Bassin lié à la phase 1 déjà extrait jusqu'à la base du gisement, en eau ;
- Surverse au nord-ouest du plan d'eau créée au droit du bassin 1 à la cote 22mNGF
- Extraction du gisement jusqu'à la base de la phase 2, sans modulation des niveaux d'eau.

Circuit d'eau :

- Pompage des eaux pour poussage et installation de traitement (1200m³/h, 8h/j, 5j/semaine) dans bassin B11Est et B11 Ouest fusionnés ;
- Rejet des boues dans bassin B12

Carrière LG :

- Données du plan d'exploitation de LG.

9.5.3.2 - Résultats de la simulation

L'extraction de la phase 2 de son extension envisagée par GSM, bassin situé au plus proche du hameau de la Grande Garde, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines. Les eaux s'écoulent globalement de l'Est vers le Nord-Ouest en direction de la vallée du Redour.

Les niveaux piézométriques sont compris entre 22-22.5 mNGF en amont, à hauteur la voie communale menant du Marais Gâté à La Douve. Ils sont d'environ 17mNGF en limite aval de l'emprise actuelle de la carrière de la Grande Garde.

Au sein de la carrière, on observe localement des dômes piézométriques en lien avec le remblaiement par des matériaux peu perméables qui contraignent les écoulements.

En amont et en périphérie de la zone d'extraction, des abaissements de niveau d'eau sont simulés. Ils seraient de l'ordre de 20cm en limite nord-ouest des hameaux de la Douve et de Brosse Gaspaille (-17cm au puits 5 et -23cm au puits fictif de la Douve-Brégeonnée – voir Tableau 15).

Les effets des plans d'eau créés par la carrière et des bassins remblayés se compensent. Ainsi, les niveaux d'eau en aval de la carrière sont comparables à ceux de la situation initiale, hormis en aval immédiat du bassin B4-B5 où une élévation des niveaux de nappe serait de l'ordre de 50cm.

Tableau 15 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S1bV10G

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S1bV10G	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.45	-0.17
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.22	+0.02
Douve / Brégonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.20	-0.23

En conclusion, le choix d'implanter cette phase 2 à proximité du bassin B11Est dans l'objectif d'avoir un stock d'eau suffisant dans ce secteur lors des prochaines phases d'exploitation, a une incidence limitée sur le milieu. Ceci permettra à terme d'éviter d'éventuels effets sur la piézométrie en amont.

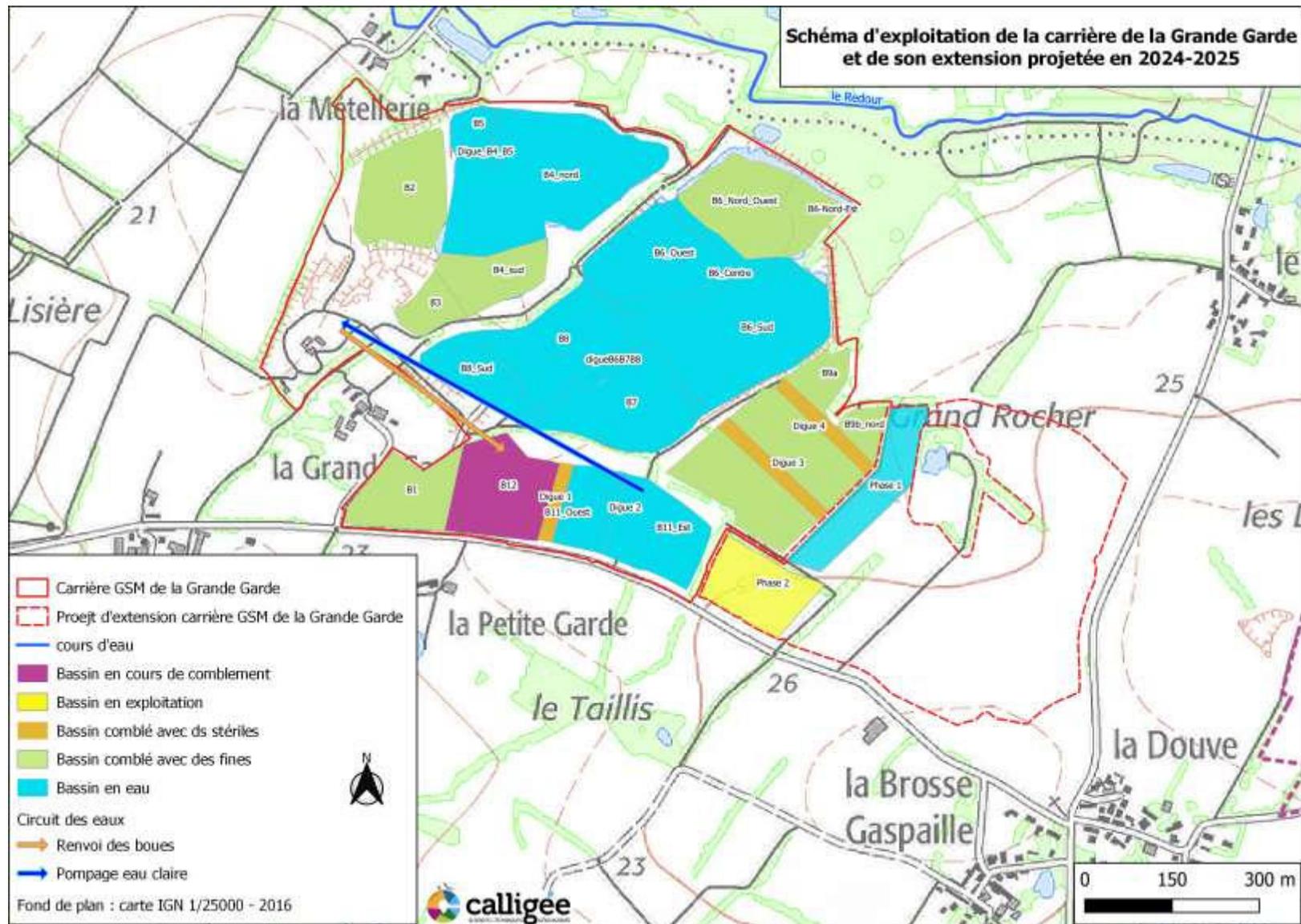
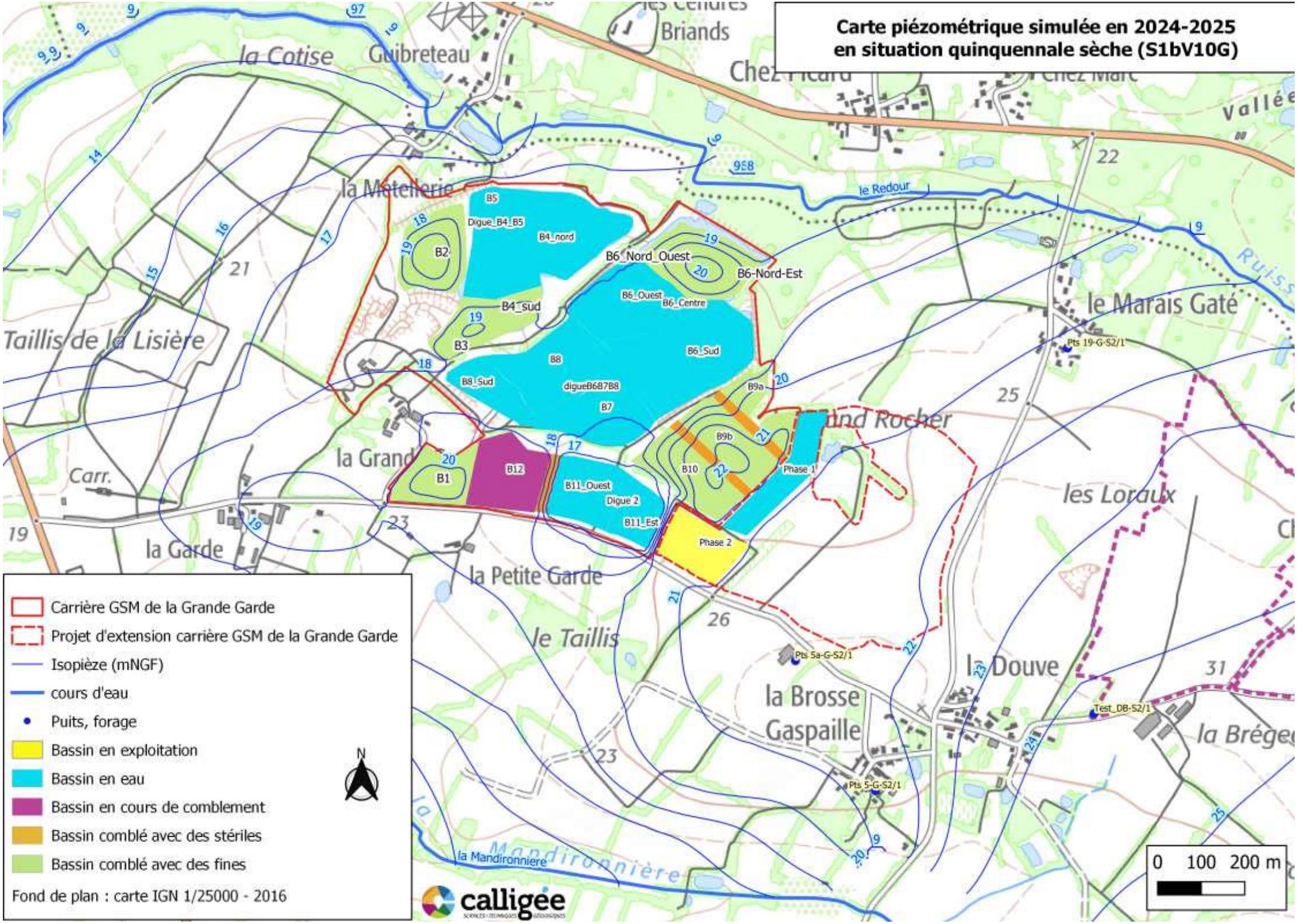


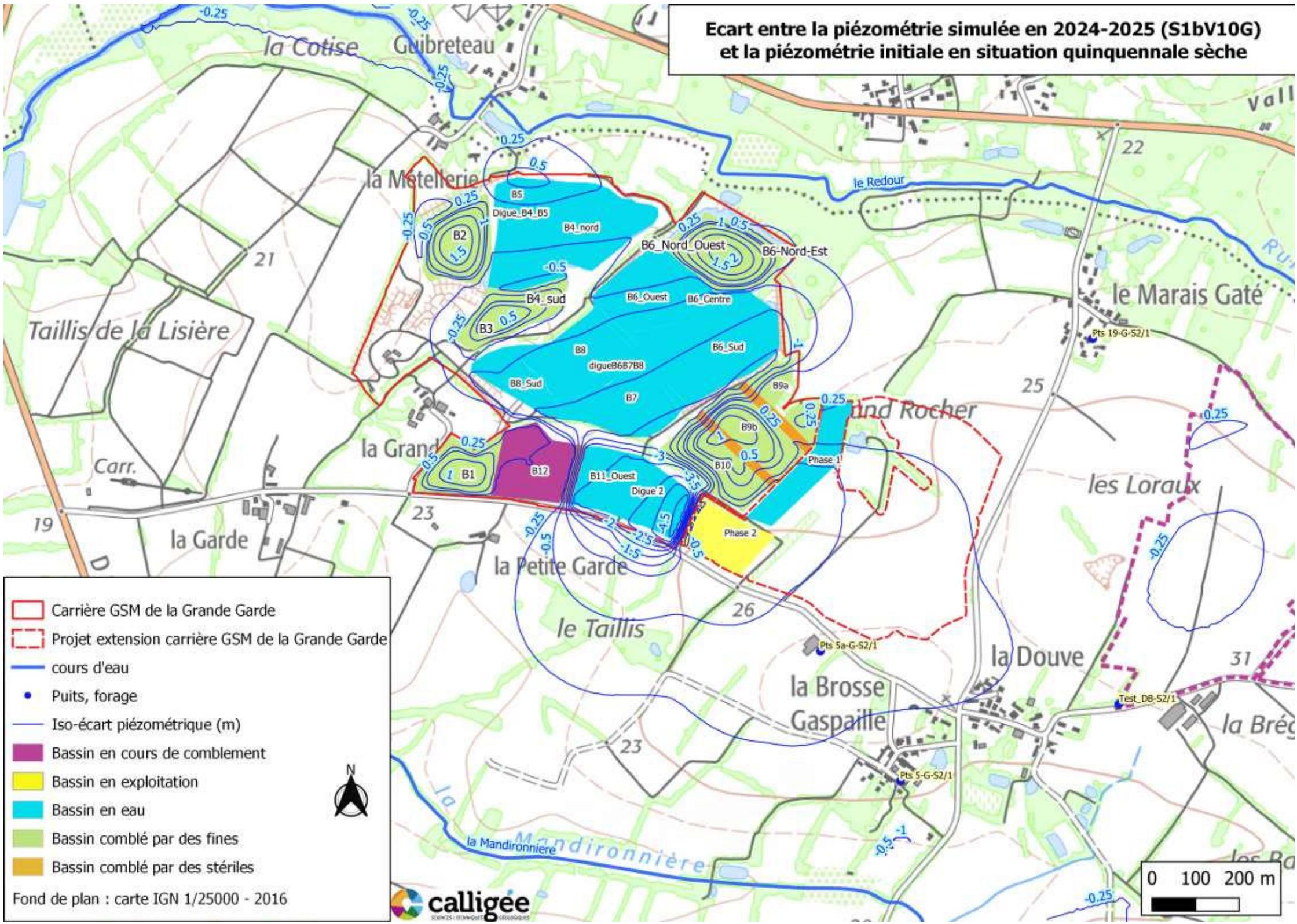
Figure 57 : Schéma de principe de l'exploitation en 2024-2025

**Carte piézométrique simulée en 2024-2025
en situation quinquennale sèche (S1bV10G)**



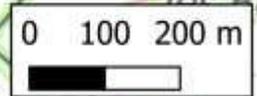
- Carrière GSM de la Grande Garde
 - Projet d'extension carrière GSM de la Grande Garde
 - Isopièze (mNGF)
 - cours d'eau
 - Puits, forage
 - Bassin en exploitation
 - Bassin en eau
 - Bassin en cours de comblement
 - Bassin comblé avec des stériles
 - Bassin comblé avec des fines
- Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016
- calligee**
sciences - technologies - services

Ecart entre la piézométrie simulée en 2024-2025 (S1bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet extension carrière GSM de la Grande Garde
- cours d'eau
- Puits, forage
- Iso-écart piézométrique (m)
- Bassin en cours de comblement
- Bassin en exploitation
- Bassin en eau
- Bassin comblé par des fines
- Bassin comblé par des stériles

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



9.5.4 - SIMULATION DU PROJET FINAL : SITE EN EXPLOITATION AU PLUS PROCHE DU HAMEAU DU MARAIS GATE – 2034

9.5.4.1 - Conditions d'exploitation

Voir Figure 60

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés en 2025
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b nord, B9b, B10, B11Ouest et B11Est, B12 comblés par des fines au-dessus du toit de la nappe
- Dignes 1, 2, 3 et 4 comblées avec des stériles d'exploitation

Extension carrière Grande Garde :

- Bassin phase 1 à 10 déjà extraits jusqu'à la base du gisement, en eau ;
- Surverse au nord-ouest du plan d'eau crée au droit du bassin 1 à la cote 22mNGF
- Extraction du gisement jusqu'à la base de la phase 11, sans modulation des niveaux d'eau.

Circuit d'eau :

- Pompage des eaux pour poussage et installation de traitement (1200m³/h, 8h/j, 5j/semaine) dans bassin Phase1 ;
- Rejet des boues dans bassin Phase 2

Carrière LG :

- Données du plan d'exploitation de LG.

9.5.4.2 - Résultats de la simulation

L'extraction de la phase 11, phase la plus proche du Marais Gâté, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines.

Les niveaux piézométriques à proximité de la zone d'extraction sont affectés d'un abaissement qui restent concentré autour de la zone d'extraction. Au Marais Gâté, le niveau est comparable à celui de la piézométrie de référence avec moins de 10cm d'écart. A la Brosse Gaspaille, le différentiel est de l'ordre de 10cm au puits n°5. A hauteur de la Douve-Brégeonnée, à ce stade d'exploitation, les variations piézométriques simulées sont nulles, en lien notamment avec le phasage d'exploitation du projet LG à cette période.

Tableau 16 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S2bV10G

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S2bV10G	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.51	-0.11
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.14	-0.07
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.45	+0.03

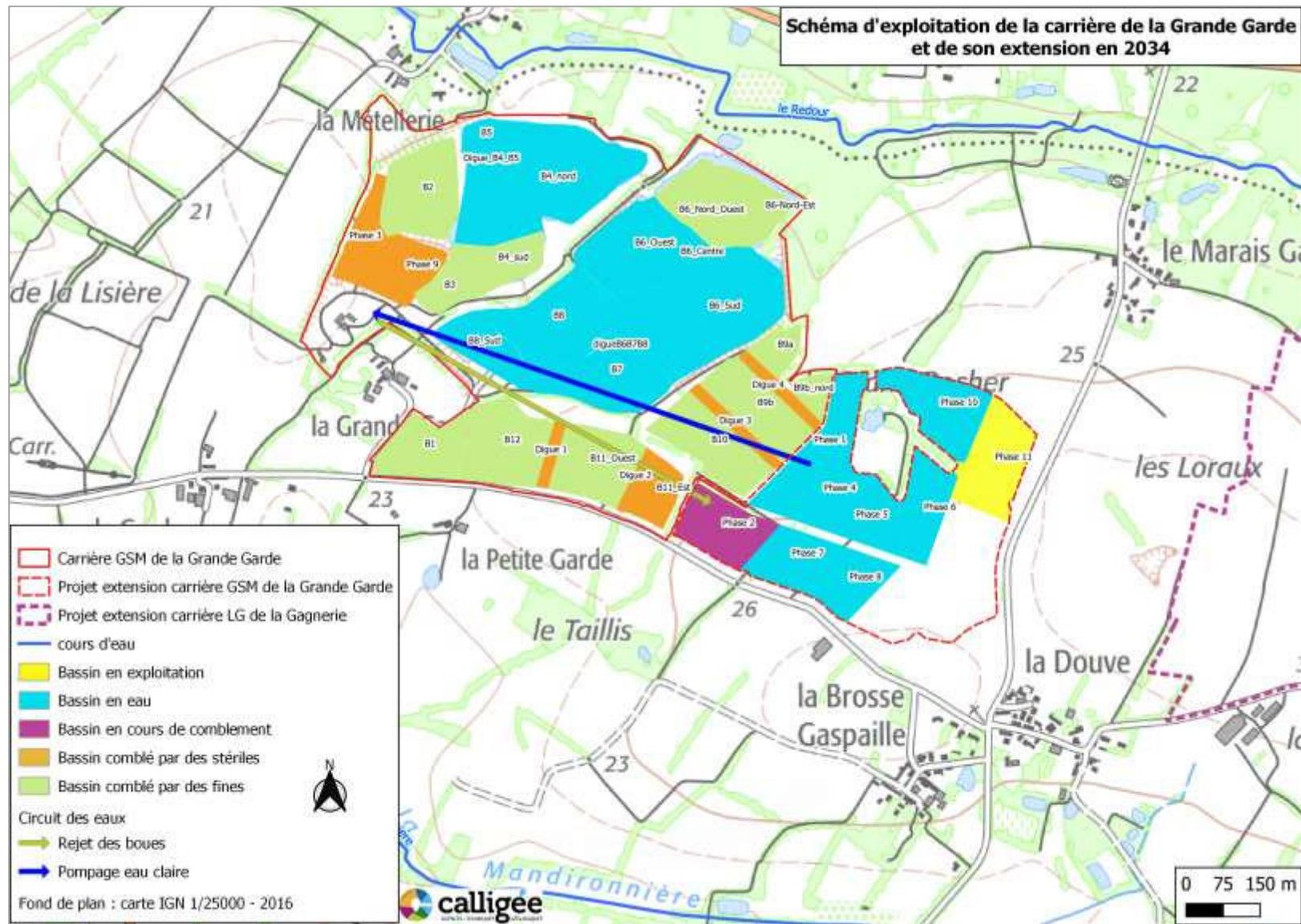
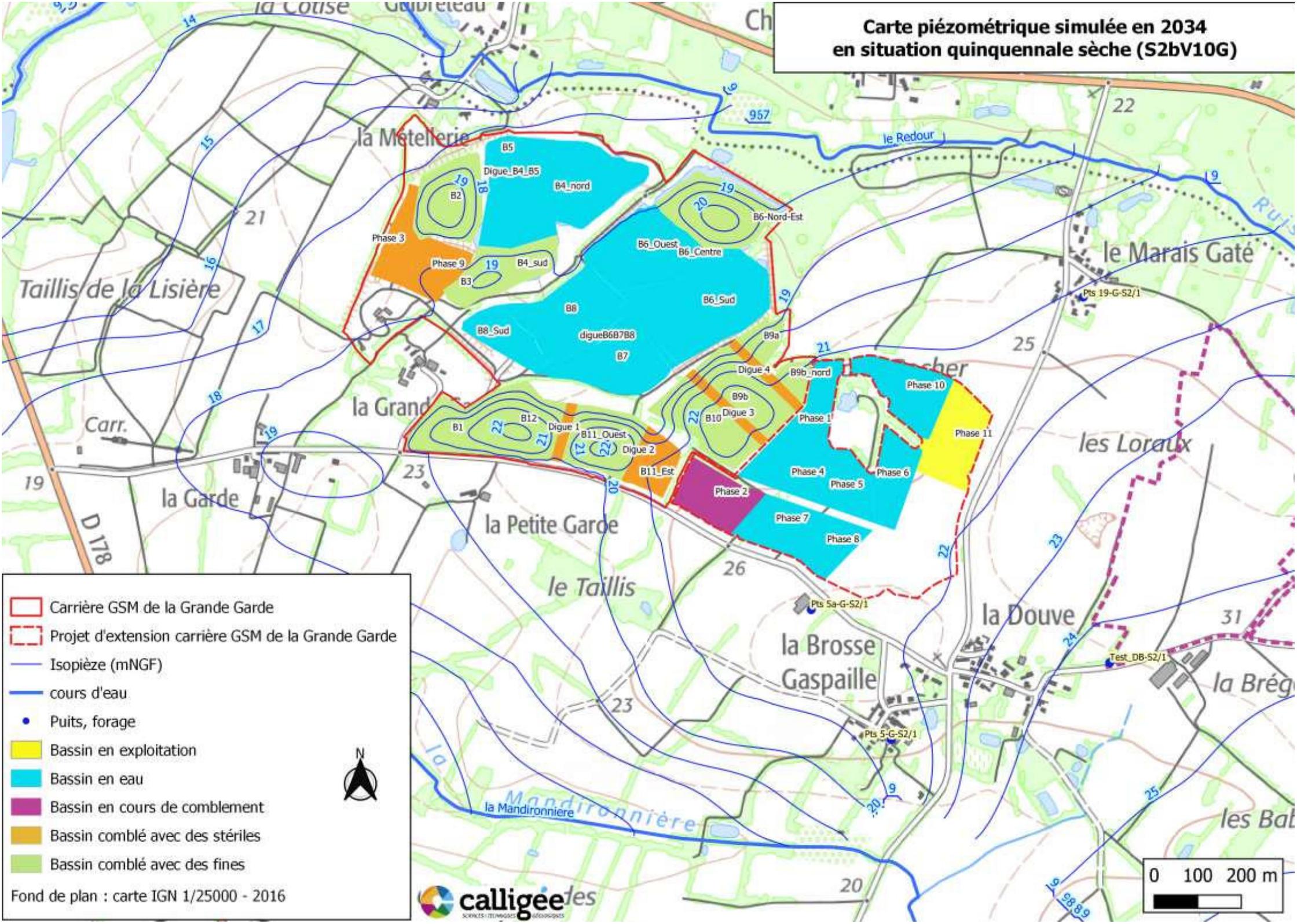


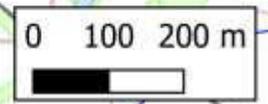
Figure 60 : Schéma de principe de l'exploitation en 2034

**Carte piézométrique simulée en 2034
en situation quinquennale sèche (S2bV10G)**



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet d'extension carrière GSM de la Grande Garde
- Isopièze (mNGF)
- cours d'eau
- Puits, forage
- Bassin en exploitation
- Bassin en eau
- Bassin en cours de comblement
- Bassin comblé avec des stériles
- Bassin comblé avec des fines

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



9.5.5 - SIMULATION DU PROJET FINAL : SITE EN EXPLOITATION AU PLUS PROCHE DU HAMEAU DE LA BROUSSE GASPAILLE – 2035

9.5.5.1 - Conditions d'exploitation

Voir Figure 63

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés en 2025
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b nord, B9b, B10, B11Ouest et B11Est, B12 comblés par des fines au-dessus du toit de la nappe
- Dignes 1, 2, 3 et 4 comblées avec des stériles d'exploitation

Extension carrière Grande Garde :

- Bassin phase 1 à 11 déjà extraits jusqu'à la base du gisement, en eau ;
- Surverse au nord-ouest du plan d'eau crée au droit du bassin 1 à la cote 22mNGF
- Extraction du gisement jusqu'à la base de la phase 12, sans modulation des niveaux d'eau.

Circuit d'eau :

- Pompage des eaux pour poussage et installation de traitement (1200m³/h, 8h/j, 5j/semaine) dans bassin Phase1 ;
- Rejet des boues dans bassin Phase 2 lequel est en continuité avec les bassins des phases 7 et 8, donc colmatage du fond des 3 bassins

Carrière LG :

- Données du plan d'exploitation de LG.

9.5.5.2 - Résultats de la simulation

L'extraction de la phase 12, phase la plus proche de la Brosse Gaspaille, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines.

Le grand plan d'eau généré par l'exploitation B1 à B11 induit une mise à l'équilibre des niveaux piézométriques de l'amont vers l'aval. Ainsi, on note un abaissement de niveau d'eau à l'amont, à hauteur de la voie communale qui mène de la Brosse Gaspaille au Marais Gâté.

Aux points cibles (Tableau 17), les niveaux d'eaux simulés pour 2035 sont inférieurs de moins de 15cm des niveaux piézométriques de référence.

Tableau 17 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S3bV10G

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S3bV10G	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.48	-0.14
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.15	-0.06
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.42	0.00

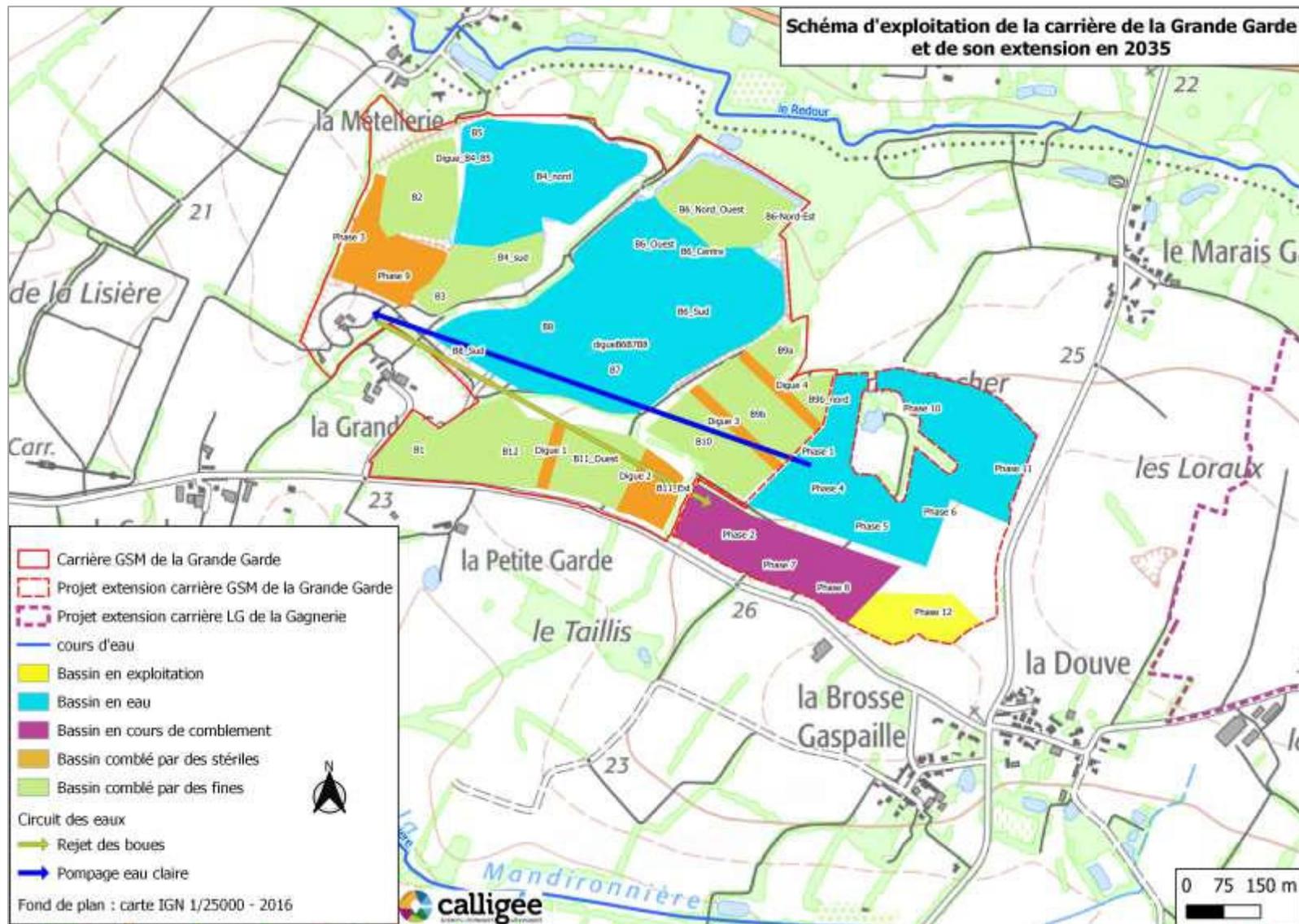
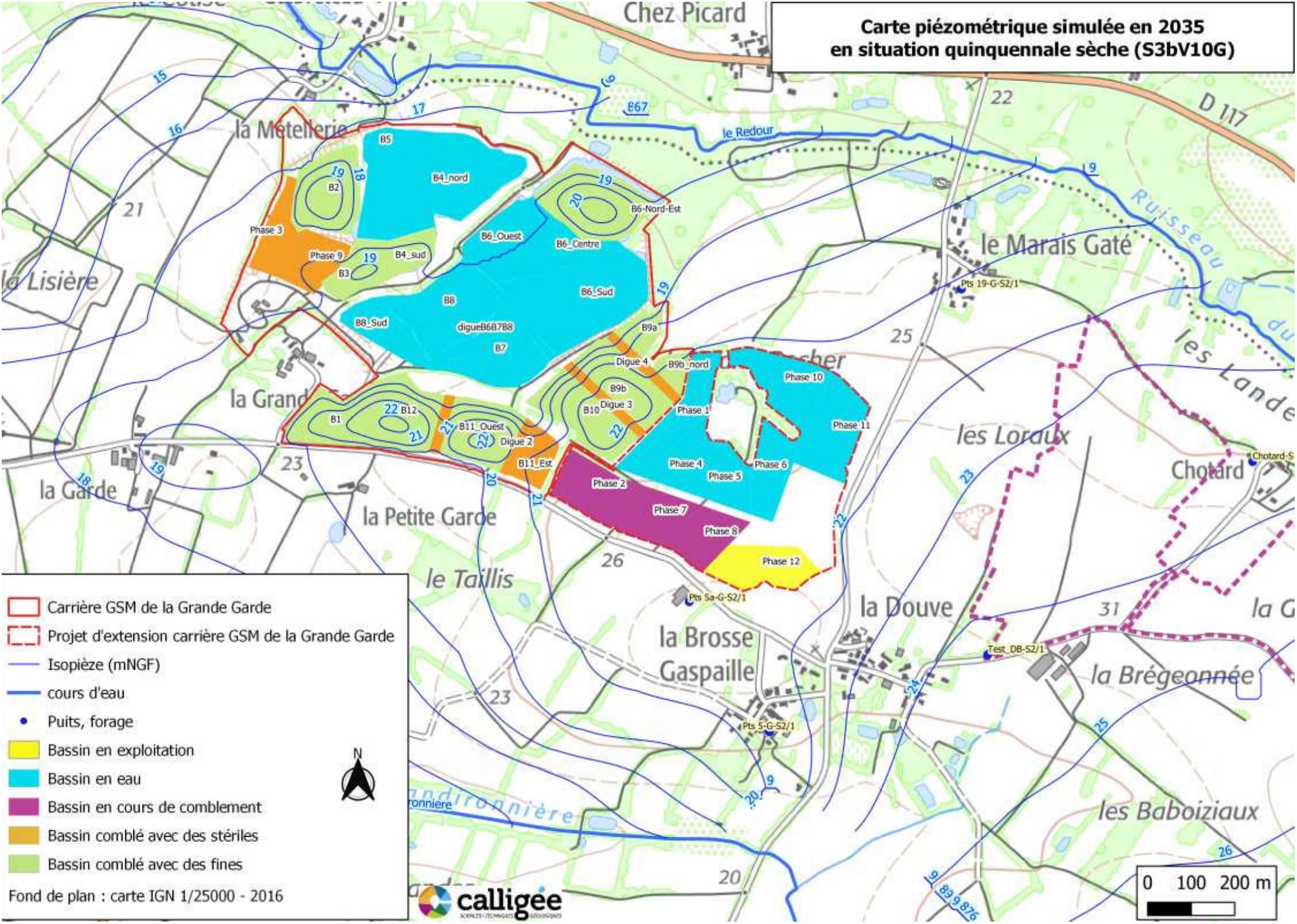
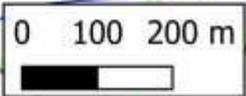


Figure 63 : Schéma de principe de l'exploitation en 2035

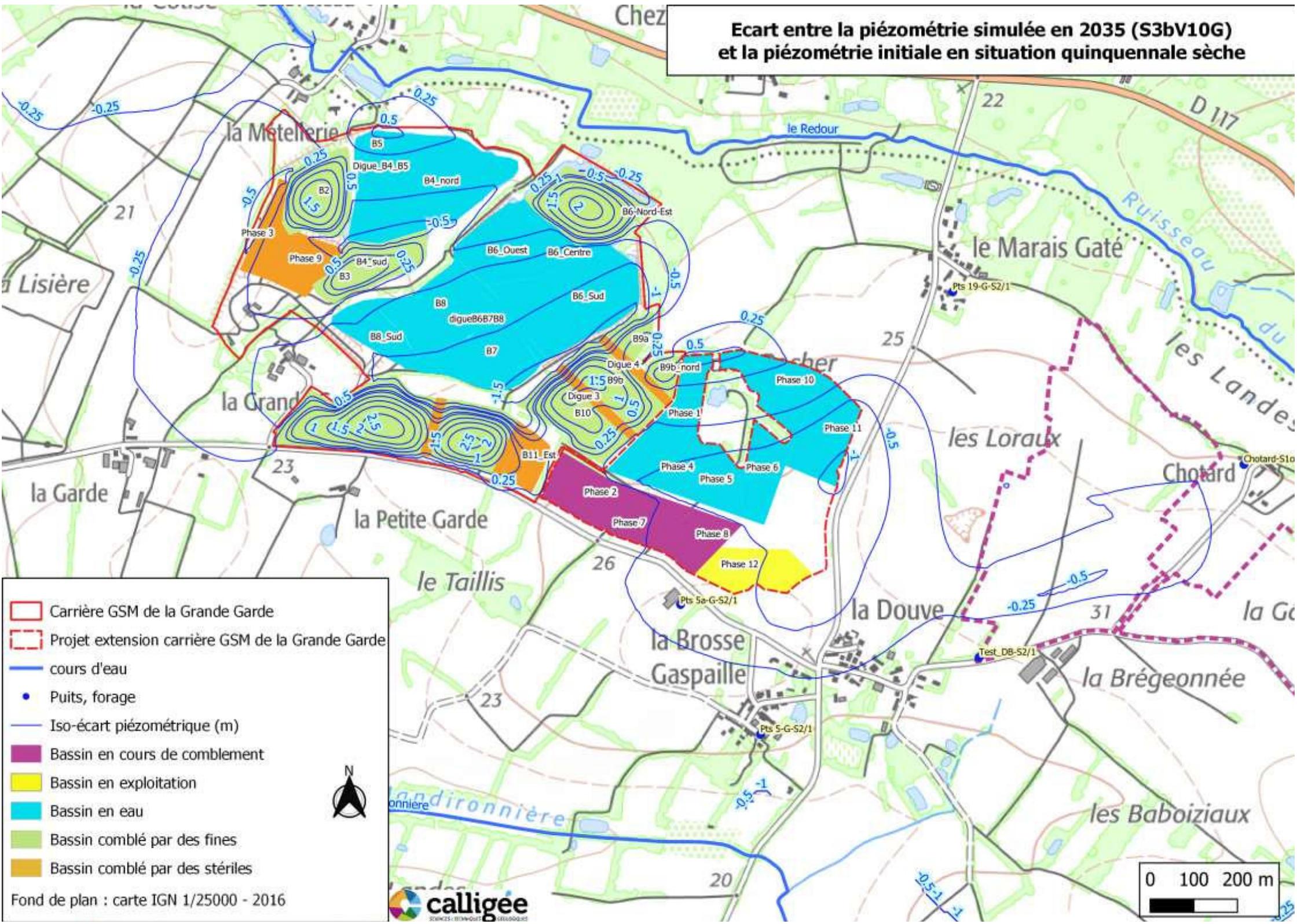
**Carte piézométrique simulée en 2035
en situation quinquennale sèche (S3bV10G)**



- Carrière GSM de la Grande Garde
 - Projet d'extension carrière GSM de la Grande Garde
 - Isopièze (mNGF)
 - cours d'eau
 - Puits, forage
 - Bassin en exploitation
 - Bassin en eau
 - Bassin en cours de comblement
 - Bassin comblé avec des stériles
 - Bassin comblé avec des fines
- Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016
- calligee



Ecart entre la piézométrie simulée en 2035 (S3bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche



9.5.6 - SIMULATION DU PROJET FINAL : SITE REAMENAGE (2041)

9.5.6.1 - Conditions de remises en état

Voir Figure 66

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- bassins B9a, B9b et B10 remblayés par des fines, et séparés par des digues 3 et 4 reconstituées avec des stériles de perméabilité 10-6m/s
- bassins B12, B11_ouest, B11_est remblayés par des fines, et séparés par les digues 1 et 2 reconstituées avec des stériles
- conditions de surverse :
 - Bassin B6/B7/B8 vers bassin B4/B5 = 18,52 mNGF
 - Bassin B4/B5 vers ruisseau du Redour = 17,7 mNGF

Extension carrière Grande Garde :

- tous les sous-bassins ne forment qu'un seul et unique plan d'eau avec surverse au nord-ouest à la cote 22mNGF
- les bassins Phase2, Phase 7 et Phase 8 sont colmatés au fond par des fines
- une partie de la berge Est à proximité de la Brosse Gaspaille et de la Douve est remblayée par des matériaux à faible perméabilité (10-6m/s)

Carrière LG :

- Données du plan d'exploitation de LG.

9.5.6.2 - Résultats de la simulation de remise en état

La simulation du réaménagement des carrières de GSM et LG montre au droit et à proximité de la carrière GSM et de son extension une orientation de piézométrie conforme à la situation historique (2003), à savoir une orientation globalement Sud-Est / Nord-Ouest, avec un drainage principal par le ruisseau du Redour. A l'Ouest de La Brosse Gaspaille, les eaux sont drainées vers le Sud, vallée de la Mandironnière. La piézométrie varie de 23 mNGF en amont à hauteur de la Douve à 17mNGF à la Métellerie.

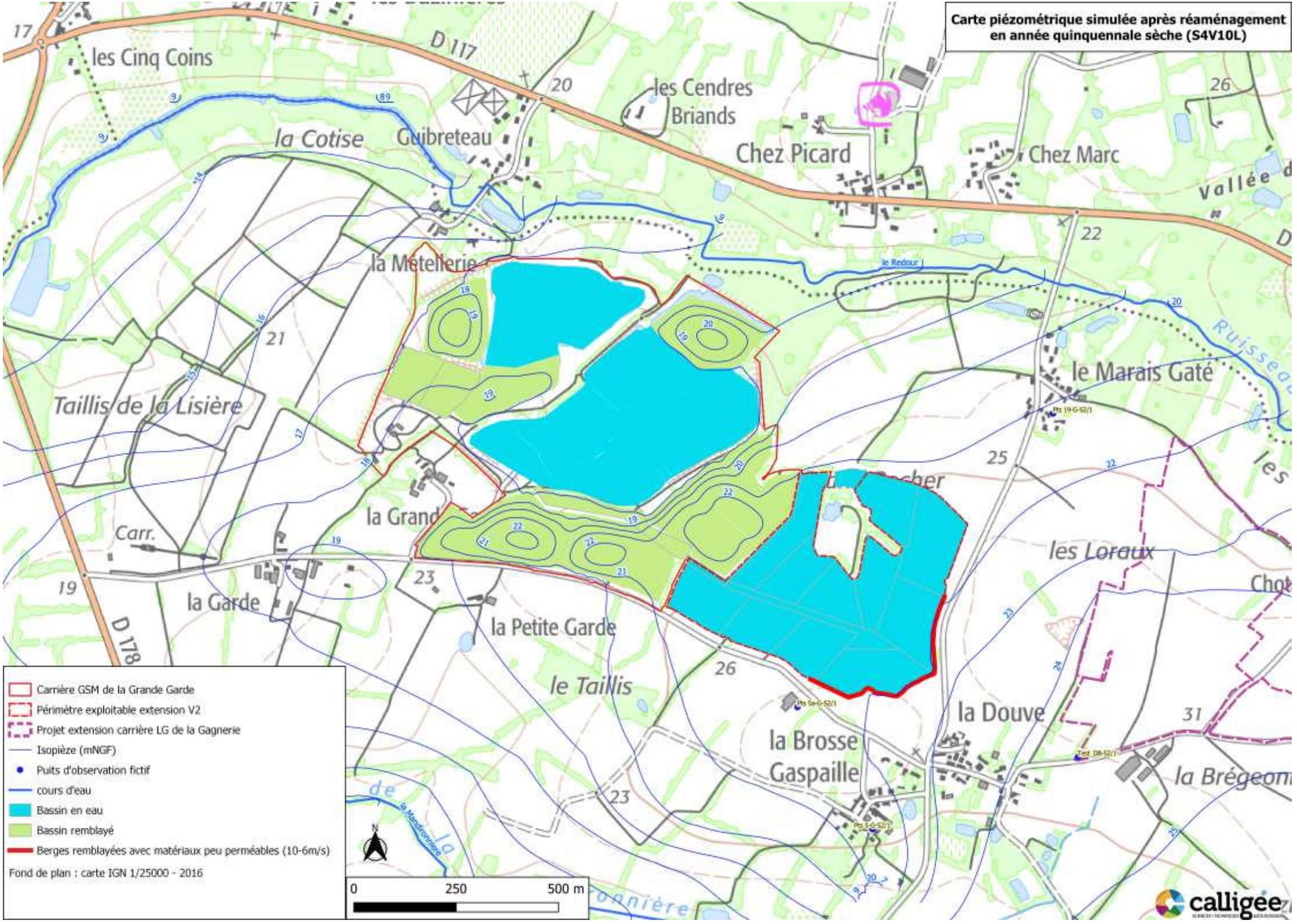
Le grand plan d'eau créé par l'extension induit un lissage des niveaux piézométriques et donc des abaissements en amont. Pour palier ces effets, notamment sur les hameaux de Brosse Gaspaille et de la Douve, une partie de la berge Est est colmatée par des matériaux peu perméables, limitant ainsi les transferts.

Ainsi, aux points cibles du Marais Gâté, de la Douve-Brégeonnée et de la Brosse-Gaspaille, les abaissements seront de moins de 10cm.

Ainsi, le plan d'eau créé au droit de la zone d'extension aura une cote moyenne d'équilibre en condition quinquennale sèche de l'ordre de 21.85mNGF.

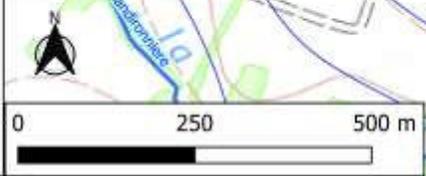
Tableau 18 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S4bV10G

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S4V10G	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.58	-0.05
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.14	-0.07
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.47	+0.05

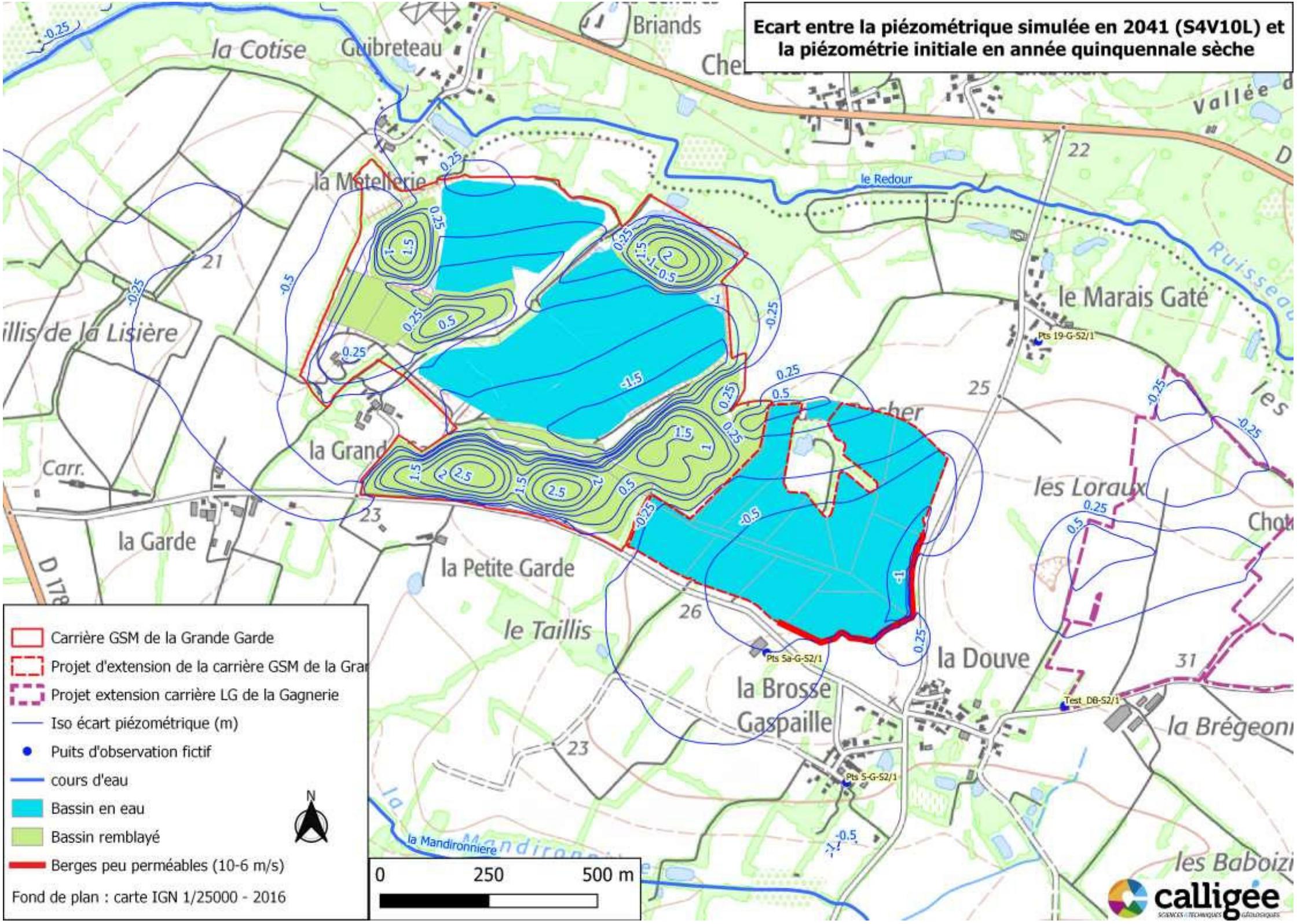


- Carrière GSM de la Grande Garde
- Périmètre exploitable extension V2
- Projet extension carrière LG de la Gagnerie
- Isopièze (mNGF)
- Puits d'observation fictif
- cours d'eau
- Bassin en eau
- Bassin remblayé
- Berges remblayées avec matériaux peu perméables (10-6m/s)

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016

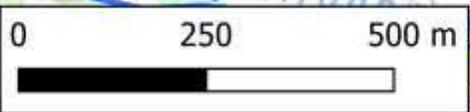


Ecart entre la piézométrie simulée en 2041 (S4V10L) et la piézométrie initiale en année quinquennale sèche



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet d'extension de la carrière GSM de la Grande Garde
- Projet extension carrière LG de la Gagnerie
- Iso écart piézométrique (m)
- Puits d'observation fictif
- cours d'eau
- Bassin en eau
- Bassin remblayé
- Berges peu perméables (10-6 m/s)

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016





10 Synthèse de l'évaluation des incidences du projet

10.1 - INCIDENCES QUANTITATIVES SUR LA RESSOURCE EN EAU

10.1.1 - INCIDENCES SUR LA RESSOURCE SOUTERRAINE

10.1.1.1 - En cours d'exploitation

Export d'eau via les granulats

L'extraction de granulats induit l'extraction de l'eau fixée sur le matériau. Après nettoyage et criblage, les sables sont stockés sur site pour favoriser le ressuyage et limiter cette quantité d'eau extraire.

Cependant, il reste une part d'humidité des matériaux exportés. Dans les simulations, le pourcentage d'humidité considéré est de 7% en poids, ce qui est maximisant au regard des analyses faites sur les matériaux exportés depuis l'actuel site de production de la Grande Garde entre février 2022 et février 2023, qui montrent un taux d'humidité moyen de 4%.

Le projet considère 250 000 tonnes de sables vendues annuellement, ce qui correspond à 17 500 tonnes d'eau, soit 17 500 m³/an.

Evaporation

Au droit des plans d'eau connectés avec la nappe, le niveau d'eau du plan d'eau est imposé par la nappe. Autrement dit, la nappe « compense » les variations du niveau d'eau du

plan d'eau, de manière à rétablir l'équilibre hydrostatique du système plan d'eau – nappe (voir note explicative n°9 « Comptabilisation des pertes par évaporation » dans le Dossier « Doctrine régionale Eau & Carrière en Centre Val de Loire » (Annexe 4).

Ainsi :

- la nappe « absorbe » les excédents d'eau, lorsque les apports pluviométriques sont supérieurs aux pertes par évaporation ;
- la nappe « compense » les déficits en eau, lorsque les pertes par évaporation sont supérieures aux apports pluviométriques.

En paragraphe 8.2.5 - il est expliqué le mode de calcul pour évaluer la différence de recharge de la nappe au droit d'une zone avec un couvert végétal « traditionnel » et en plan d'eau :

- Recharge nappe avec couvert végétal = $0.95 * (\text{Pluie} - \text{Evapotranspiration réelle})$
- Recharge nappe au droit d'un plan d'eau = $\text{Pluie} - \text{Evaporation laquelle est considérée équivalente à l'évapotranspiration potentielle (P-ETP)}$

L'évaluation de l'incidence est faite sur quelques années caractéristiques entre 2000 et 2019 représentant des situations hydrologiques contrastées : humide, moyenne, sèche, très sèche (Tableau 19). La caractérisation de ces années s'appuie sur la différence entre les pluviométries et l'évapotranspiration potentielle, lesquelles peuvent présenter des variations annuelles particulières. Comme indiqué en paragraphe 6.1.2 - les données climatologiques les plus représentatives du secteur sont celles de Saint-Philbert-de-Grandlieu, donc prises en compte pour l'évaluation. Celles de la station de Nantes (moyennes sur 30 ans) sont rappelées pour mémoire.

Par ailleurs, les calculs de calage du modèle ont démontré une recharge moyenne de 345mm en 2003, équivalent à 95% de la pluie efficace déduite du bilan hydrique en considérant une RFU de 100mm. Ce ratio de 95% est donc considéré comme pertinent dans l'approche pour d'autres situations pluviométriques.

En **année moyenne** (équivalente à 2003), la recharge de la nappe serait de l'ordre de 104mm au droit d'un plan d'eau, et de l'ordre de 345mm au droit de couvert végétal. Ainsi, la perte par évaporation serait de 241mm, équivalent à **2 410 m³/an/ha de plan d'eau**.

A terme, le projet d'extension induira la création d'un plan d'eau de 22 ha et le remblaiement de 14 ha de plans d'eau prévus dans la cadre de l'arrêté préfectoral actuel. Ainsi, le projet induit une augmentation de la surface en plan d'eau de 8 ha.

Sur l'hypothèse de cette augmentation de la surface de plan d'eau de 8 ha, le déficit de recharge de la nappe sera d'environ **19 300 m³/an**.

En année sèche (*lorsque le différentiel entre les pluies et l'évapotranspiration est plus faible qu'en année moyenne*), cette même approche induirait une perte d'eau liée à l'évaporation de **1 780 m³/an/ha de plan d'eau**.

En année très sèche (*lorsque le différentiel entre les pluies et l'évapotranspiration est plus faible qu'en année sèche*), équivalente à l'année 2005, la perte d'eau liée à l'évaporation

serait très importante, notamment en période estivale. Elle est estimée à **4 350 m³/an/ha de plan d'eau**.

Tableau 19 : Evaluation du déficit de recharge au droit des plans d'eau en comparaison aux terrains actuels

	Station météo de Nantes-Bouguenais	Station météo de St-Philbert-de-Grandlieu			
	Normale 1991-2020	2014 (année moyenne un peu humide)	2003 (année moyenne)	Sèche (2017) – prise en compte pour le modèle	Très sèche (2005)
Pluie	820	1059mm	939mm	722mm	547mm
ETP	870	912mm	836mm	716mm	948mm
P-ETP (= recharge de la nappe au droit d'un plan d'eau)	-50mm	147mm	104mm	6mm	-400mm
Pluie efficace (déduite du bilan hydrique sur la base d'une RFU de 100mm)	237	379mm	363mm	193mm	36mm
Recharge de la nappe au droit d'une zone en couvert végétal (95% des pluies efficaces)	225	360mm	345mm	184mm	35mm
Déficit de recharge entre plan d'eau et couvert végétal (mm)	(-50-225) Perte de 275 mm	(147-360) Perte de 213mm	(104-345) Perte de 241mm	(6-184) Perte de 178mm	(-400-35) Perte de 435mm
Déficit de recharge entre plan d'eau et couvert végétal (m ³ /an/ha de plan d'eau)	2 750 m ³ /an/ha de plan d'eau	2 130 m ³ /an/ha de plan d'eau	2 410 m³/an/ha de plan d'eau	1 780 m ³ /an/ha de plan d'eau	4 350 m ³ /an/ha de plan d'eau

$$1\text{mm} = 1\text{l/m}^2 = 10\text{ m}^3/\text{ha}$$

Synthèse

En considérant une année moyenne (2003), le volume d'eau ne contribuant pas à la recharge de la nappe (humidité des matériaux exportés + évaporation) sera en moyenne de **36 800 m³/an**.

Le volume annuel de non recharge de la nappe (36 800 m³) représente moins de 0,14% du volume total d'eau estimé dans l'aquifère (estimation faite à partir du modèle hydrogéologique réalisé entre l'amont du bassin environ 1km en aval de la RD178) – 28 Mm³.

Rapporté à la surface du modèle hydrogéologique (14,29 km²), ce volume représente une lame d'eau de moins de 3 mm.

Rapporté à la surface de la masse d'eau « des Sables du bassin tertiaire du Lac de Grand Lieu » (260.59 km²), ce volume représente une lame d'eau de l'ordre de 0.4 mm.

Enfin, la forte perméabilité des matériaux sableux implique de rapides équilibres piézométriques. L'export d'eau et l'évaporation seront donc sans incidence sur la dynamique des écoulements souterrains.

10.1.1.2 - Au terme de l'exploitation

Au terme de l'exploitation, les quantités d'eau ne venant pas recharger la nappe sont celles associées à l'évaporation au droit des plans d'eau résiduels.

En considérant la surface de tous les plans d'eau créés (43,2 ha = 21,2 ha qui sortiront de l'emprise de la carrière en 2025, et 22 ha créé sur l'extension) et un déficit de recharge de la nappe de 2 410 m³/an/ha (voir ci-dessus), le volume est estimé à environ 104 000 m³/an. Ce volume représentera une lame d'eau de l'ordre de 7 mm à l'échelle du bassin hydrologiques (de l'amont jusqu'au hameau des Grolles).

L'augmentation de surface de plan d'eau par rapport à la surface autorisée actuellement par l'arrêté préfectoral se limite à 8 ha ce qui représente une augmentation du déficit de recharge de la nappe d'environ 19 300 m³/an (lame d'eau d'environ 1,5mm à l'échelle du bassin hydrogéologique considéré).

Ce déficit de recharge d'eau sera du même ordre de grandeur que celui au cours de l'exploitation. **En conséquence, ce volume de non recharge de la nappe à une incidence faible sur la ressource.**

En conséquence, ce volume de non recharge de la nappe a une faible incidence sur la ressource locale.

10.1.1.3 - Incidence cumulée des deux projets de carrières

Le tableau suivant présente l'incidence cumulée des carrières GSM et LG, et de leur projet d'extension, sans considérer les autres usages et sans présupposer de la disponibilité de la ressource.

Les plans d'eau autorisés actuellement (58.1ha) induisent un défaut de recharge de la nappe équivalent à 0,5mm à l'échelle de la masse d'eau.

Les projets d'extension vont induire une augmentation de 22.5ha des surfaces de plans d'eau, soit une augmentation du déficit de recharge de la nappe à l'échelle de la masse d'eau de 0.2mm.

A terme, les surfaces de plans d'eau (80.6ha) seront en moyenne équivalentes à un déficit de recharge de la nappe de 0,7mm à l'échelle de la surface totale de la masse d'eau.

Ainsi, les projets d'extension des carrières de la Grande Garde et de la Gagnerie auront une incidence à priori négligeable sur la ressource en eau souterraine à l'échelle de la masse d'eau.

Tableau 20 : Incidence des plans d'eau créés dans le cadre des projets de carrières GSM et LG sur la ressource en eau

GSM	Surface en eau (ha)	Déficit de recharge de la nappe par évaporation au droit des plans d'eau (mm/an)	volume évaporation (m3/an)	Surface du modèle hydrogéologique (km²)	Baisse du niveau de la nappe rapportée à la surface du modèle hydrogéologique (mm)	Surface de la masse d'eau "Sables du bassin tertiaire du Lac de Grand Lieu" (km²)	Baisse du niveau de la nappe rapportée à la surface de la masse d'eau (mm)
Situation de la sablière actuelle	39.6	241	95 436	14.3	6.7	260.6	0.4
impact supplémentaire induit par le Projet	8.0		19 280		1.3		0.1
Total	47.6		114 716		8.0		0.4
CUMULE	Surface en eau (ha)	Déficit de recharge de la nappe par évaporation au droit des plans d'eau (mm/an)	volume évaporation (m3/an)	Surface du modèle hydrogéologique (km²)	Baisse du niveau de la nappe rapportée à la surface du modèle hydrogéologique (mm)	Surface de la masse d'eau "Sables du bassin tertiaire du Lac de Grand Lieu" (km²)	Baisse du niveau de la nappe rapportée à la surface de la masse d'eau (mm)
Situation de la sablière actuelle	58.1	241	140 021	14.3	9.8	260.6	0.5
impact supplémentaire induit par le Projet	22.5		54 225		3.8		0.2
Total	80.6		194 246		13.6		0.7

10.1.2 - INCIDENCES SUR LES OUVRAGES VOISINS

10.1.2.1 - Incidences théoriques d'une sablière

En domaine sédimentaire, tel que celui rencontré au droit des sablières de Saint-Colomban, la nappe est rechargée par les précipitations directes, lesquelles sont efficaces en période hivernale. Elle se vidange naturellement dans des cours d'eau, en l'occurrence le ruisseau du Redour (drain principal) et le ruisseau de la Mandironnière. Ainsi, la nappe a un cycle annuel de recharge tous les hivers jusqu'au début du printemps, puis de vidange durant l'été et jusqu'au début de l'automne.

L'extraction de matériaux sableux induit un bassin qui se remplit et s'équilibre naturellement par l'eau de la nappe (Figure 69). Ainsi, cet aménagement conduit à une modification locale des niveaux d'eau : abaissement en amont et élévation en aval (comme indiqué sur les cartes piézométriques). L'incidence est proportionnelle à la surface de plan d'eau créé. Aussi, cette surface en eau favorise l'inertie et donc limitera les variations de niveaux de nappe entre les périodes d'étiage et de hautes eaux notamment au droit du hameau de la Douve. Le projet d'extension s'éloigne de la vallée du Redour. En conséquence, la création du nouveau plan d'eau est sans incidence directe sur les niveaux de nappe au droit de la vallée du Redour.

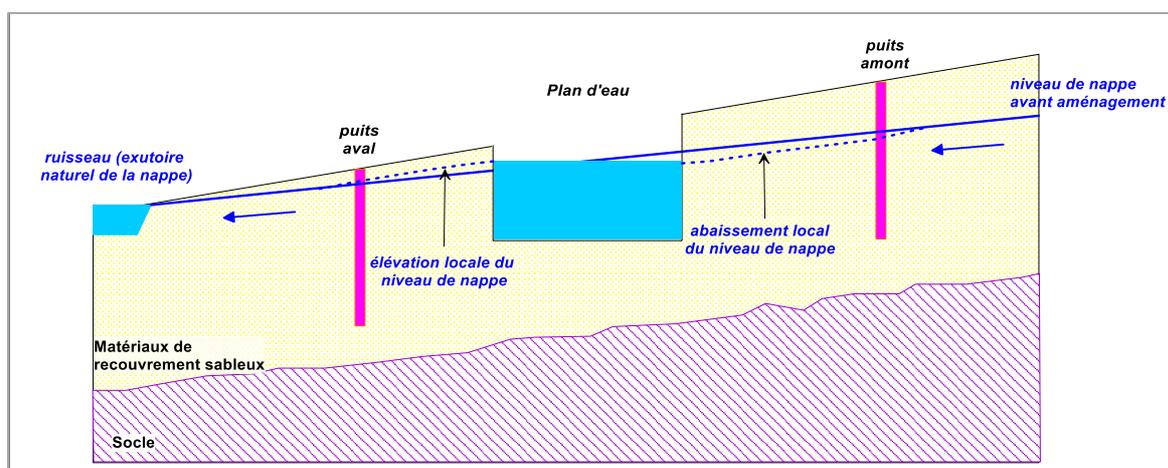


Figure 69 : Principe hydrogéologique schématique de la création d'un plan d'eau en domaine sédimentaire

Après exploitation des matériaux sableux, GSM a prévu de combler certains bassins par les refus d'exploitation (fines). Ces fines vont se colmater et offrir une moindre perméabilité que celle des sables constitutifs de l'aquifère. En conséquence, cela va avoir un effet barrière aux écoulements souterrains. Ainsi, les niveaux piézométriques théoriques des ouvrages situés à l'amont de ces bassins comblés vont s'élever et ceux des ouvrages en aval vont baisser (Figure 70).

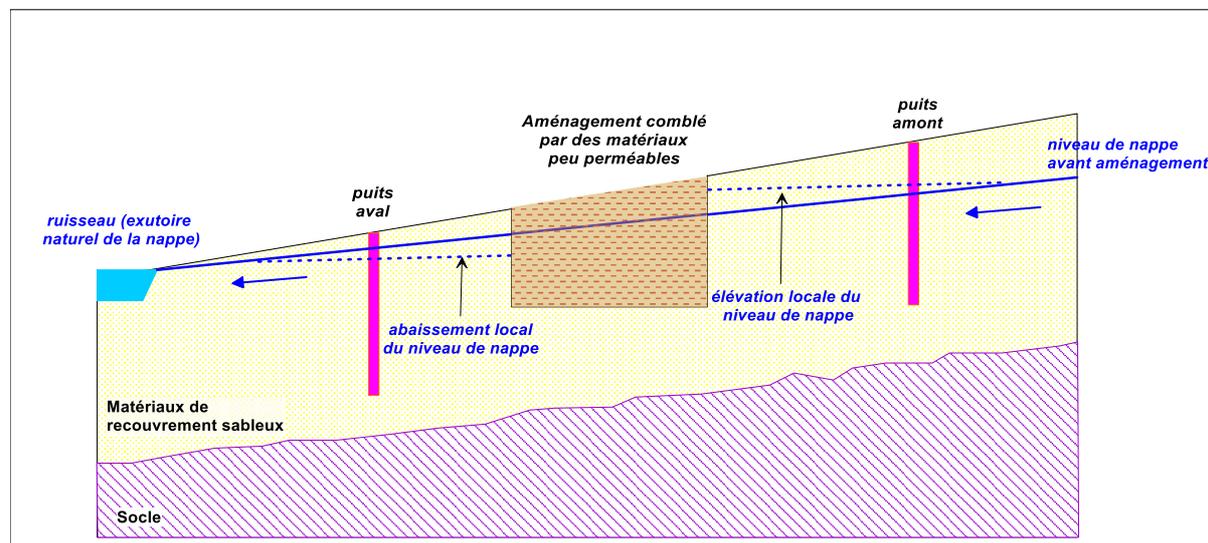


Figure 70 : Principe hydrogéologique schématique du comblement d'une excavation en domaine sédimentaire

10.1.2.2 - Evaluation des incidences à partir de la modélisation

Les simulations réalisées avec le modèle hydrogéologique permettent d'estimer les piézométries moyennes annuelles. Bien que considérant une recharge de nappe équivalente à une année quinquennale sèche, ces simulations ne traduisent pas les niveaux extrêmes pouvant être observés en période de basses eaux et de hautes eaux. Rappelons aussi que la précision du modèle est au mieux de 25cm.

Le Tableau 21 reprend les écarts de piézométries simulées au point de référence des hameaux proches du projet aux 3 phases d'exploitation et en situation réaménagée.

Dans le secteur Sud de la Brosse-Gaspaille (Pts 5-G-S2), les niveaux d'eaux moyens connaîtront un abaissement de moins de 20 cm au maximum en début d'exploitation de l'extension, pour atteindre un niveau équivalent au terme de l'exploitation.

Au point de référence « Test_DB_S2 » située entre la Douve et la Bregeonnée, l'incidence piézométrique sera un peu plus marquée en début d'exploitation avec environ 25 cm. Au cours de l'exploitation, les effets seront limités. A terme, les niveaux d'eau moyens seront équivalents à ceux de référence.

Au Marais Gâté, les niveaux d'eau simulés sont proches du niveau de référence, avec une variation de moins de 10 cm.

Tableau 21 : Synthèse des écarts piézométriques simulés aux points de référence entre les différentes phases d'exploitation et la période de référence 2003

Secteur	Point de référence	Simulation 2003 (cote en mNGF)	Ecart/2003 (m)			
			2024-2025 (S1bV10G)	2034 (S2bV10G)	2035 (S3bV10G)	2041 (S4V10L)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	-0.17	-0.11	-0.14	-0.04
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	-0.23	+0.03	0.00	+0.05
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	+0.01	-0.07	-0.06	-0.07

NB : toutes les cotes piézométriques sont tirées de simulations.

10.1.2.3 - Evaluation des incidences spécifiques par ouvrages

En complément, l'incidence du projet d'extension de la sablière de la Grande Garde (couplé à celle du projet d'extension de la sablière de la Gagnerie de LG) a été réalisée individuellement sur chaque puits dont leurs caractéristiques nous sont connues.

Pour cela, il a été réalisé pour chaque puits :

- une estimation de la hauteur d'eau résiduelle moyenne annuelle future en année quinquennale sèche à partir des simulations (en phase exploitation et post-exploitation),
- un rappel de la hauteur d'eau résiduelle la plus faible mesurée et la date de survenance de l'évènement,

Ensuite, il a été estimé la hauteur d'eau résiduelle future en période de basses eaux.

En raison des incertitudes, les 4 gammes proposées sont données en mètre : <1m, 1-2m, 2-3m, >3m.

La case colorée indique l'ouvrage pour lesquels les simulations montrent une dégradation potentielle vis-à-vis de la situation historique. Il s'agit du puits 22 à la Douve utilisé pour l'eau potable sans raccordement au réseau d'eau public. Ceci étant, l'ouvrage n'étant mesuré que depuis 2022, il est possible que des niveaux d'eau plus bas soient survenus antérieurement.

Sur les hameaux périphériques au projet d'extension, La Douve, Brosse Gaspaille, Marais Gâté, 1 second puits utilisé pour l'eau potable sans raccordement au réseau d'eau public devrait avoir une hauteur d'eau résiduelle de moins de 1m (puits 5) en période d'étiage, situation déjà enregistrée précédemment.

Tableau 22 : Estimation des hauteurs d'eau résiduelles en basses eaux avec le projet au droit des puits du Maris Gâté, de la Douve et de la Brosse Gaspaille

Type	Identifiant	Village	cote_rep	Cote_TN	Profondeur_m	Cote_fond_mNGF	Usage	Période de suivi	Hauteur d'eau résiduelle moyenne annuelle simulée en année quinquennale sèche	Hauteur d'eau résiduelle la plus faible mesurée (m)	Date de la hauteur d'eau résiduelle mesurée la plus faible	Hauteur d'eau résiduelle en basses eaux estimée avec le projet
puits	Puits_H	Douve		26.9*	4.3	22.6	AEP (utilise peu le réseau public)	<i>Pas de suivi</i>	<1m	<i>non déterminé</i>	<i>non déterminé</i>	<1m
puits	57	Marais Gate	24.16	23.48	5.45	18.71	AEP et domestique (raccordé au réseau public)	2020-2022	2-3m	1.1	19/10/2022	1-2m
puits	Puits 5	Brosse Gaspaille	26.08		6.65	19.43	AEP, non raccordé au réseau public	<i>Pas de suivi</i>	2-3m	0.9	29/10/2019	<1m
puits	Puits_F	Brosse Gaspaille		27.1*	9	18.1	AEP, non raccordé au réseau public	<i>Pas de suivi</i>	>3m	<i>non déterminé</i>	<i>non déterminé</i>	>3m
puits	puits 22	Brosse	26.14		6.1	20.04	AEP, non raccordé au	2022	1-2m	2.6	25/10/2022	1-2m
puits	Puits 18	Marais Gate	22.92		3.90	19.02	Arrosage		1-2m	0.5	30/05/2017	<1m
puits	Puits 19	Marais Gate	24.57		7.80	16.77	Arrosage		>3m	2.4	20/10/2017	2-3m
puits	39	Douve	26.77	26.48	4.5	21.98	Inconnu	2020-2022	1-2m	1.9	08/09/2022	1-2m
puits	Puits 20	Marais Gate	21.35		5.30	16.05	Suivi	2018-2022	>3m	2.6	03/10/2018	2-3m
puits	Puits 21	Marais Gate	24.1		8.60	15.50	Suivi	2018-2022	>3m	3.2	03/10/2018	>3m

*relevé d'après carte IGN

Ainsi, l'exploitation de la carrière de la Grande Garde telle que projetée aura un incidence piézométrique faible sur les puits périphériques de la carrière existante et de son extension projetée.

10.1.3 - INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

10.1.3.1 - Installation d'un trop plein

L'extension de la sablière de la Grande Garde avec notamment la mise en eau du bassin 1 en 2024-2025, va s'accompagner de la mise en place d'un trop plein. Installé au point bas, au nord-ouest, il permettra d'évacuer le trop-plein de la nappe vers la zone de Hauts-Fonds. La cote fil d'eau de cet équipement sera fixée à 22,25 mNGF.

Par un système de surverse, les eaux transiteront dans deux plans d'eau avant rejet au milieu superficiel, comme cela existe déjà au nord-ouest de la carrière actuelle. Ainsi, les eaux seront rejetées dans un fossé lequel s'évacuera vers le Redour (exutoire naturel de la nappe).

Le dispositif actuellement en place sera conservé (buse + vanne) avec une cote fil d'eau du point de rejet à la cote 17,70 mNGF. De même, ces rejets resteront comptabilisés.

10.1.3.2 - Débit du trop plein

L'analyse des suivis des débits sortant du bassin B5 montre que « les écoulements sortant de la carrière de la Grande Garde sont en relation avec les niveaux de nappe globaux, mais aussi en lien avec le système d'exploitation de la carrière qui peut induire plus ou moins de volume d'eaux rejetées au milieu naturel » (5.2.2.2 -).

Le modèle hydrogéologique est réalisé en régime permanent, c'est-à-dire qu'il intègre et fournit des niveaux moyens annuels. Il ne peut pas fournir de débit instantané mais un volume total annuel qu'il est possible de moyenniser.

Aussi, les simulations ont porté sur l'évaluation des incidences en situation critique sèche, notamment pour évaluer les potentiels assèchements de cours d'eau. Il a donc été intégré des pluviométries d'année quinquennale sèche. Les niveaux de nappe (et les éventuels bilans volumétriques qui pourraient être faits) obtenus par les simulations traduisent des années sèches. Nous ne disposons donc pas des données de niveaux de nappe en année humide à partir desquels nous pourrions évaluer des débits sortant du futur grand plan d'eau.

Ceci étant, le futur plan d'eau créé au terme de l'extension s'intègre dans le bassin versant hydrogéologique des plans d'eau actuels de la carrière de la Grande Garde, mais aussi dans le bassin versant des plans d'eau en 2009 lors de l'enregistrement du maximum de débit de trop plein (3300 m³/j).

En conséquence, le débit maximum du trop-plein en sortie du bassin B5 devrait rester comparable à celui déjà observé.

Le contrôle régulier de cet équipement permettra de vérifier le non dépassement du débit de rejet autorisé. Le cas échéant, une réhausse de la cote de cette surverse pourrait être étudiée.

10.1.3.3 - Débit du Redour

L'évaluation des incidences du projet est faite à partir des données de simulations.

La simulation de référence utilisée pour les comparaisons est une situation sans aucun aménagement du secteur (c'est-à-dire sans les carrières de la Gagnerie (LG) et de la Grande Garde (GSM) déjà existantes), comparable à 2003.

Aussi, il est pris pour comparaison une situation hydrologique et hydrogéologique de type quinquennale sèche. Les simulations considèrent également une pluviométrie de type quinquennale sèche.

Les simulations sont faites en régime permanent et considèrent donc une situation moyenne annuelle.

Pour chaque simulation, des bilans volumétriques sont établis pour vérifier les équilibres entre les entrées et les sorties du système. Ainsi, il est comptabilisé le volume d'eau apporté par la nappe au débit du Redour depuis sa source jusqu'à la sortie du modèle – entre les Grolles et la Merlennerie.

Le modèle étant réalisé en régime permanent, il n'est pas possible d'en extraire les données à des périodes hydrologiques particulières

Les extractions des simulations montrent :

Tableau 23 : Evaluation des variations de débits apportés par la nappe au cours d'eau entre la situation de référence et la situation après réaménagement induite par les carrières et leur projet d'extension

		Limite	Redour de la source jusqu'à la sortie du modèle – entre les Grolles et la Merlennerie)	Mandironnière aval + Drian Sud = Mandironnière (de la source à la sortie du modèle – Les Rimans)
Apport depuis la nappe des sables au débit des cours d'eau	Débit (m3/j)	Situation de référence	3057	1222 + 597 = 1819
		Situation réaménagement	2638	1165 + 568 = 1733
	Variation de débit	Débit (m3/j)	-419	-86
		%	-14%	-5%

Ces variations d'apport de la nappe aux débits des cours d'eau sont en lien avec les pertes par évaporation, les exports d'eaux via les matériaux et les incertitudes.

Rappelons qu'il s'agit de calculs mathématiques théoriques.

La variation de 5% sur le ruisseau de la Mandironnière est de l'ordre de la précision de cette approche.

Sur le Redour, la variation serait de l'ordre de 14%. Toutefois, notons que cette variation n'intègre pas les volumes d'eau apportés par la nappe depuis la rive droite du Redour.

La surface de bassin versant du Redour en considérant la limite Ouest du modèle est d'environ 1475ha.

La partie de ce bassin versant intégrée au modèle hydrogéologique est de 726ha, soit 49%.

En considérant que l'apport d'eau par la nappe des sables pliocènes au débit du Redour est homogène et proportionnelle à la surface, le Redour serait alimenté à 49% par la zone simulée. Ainsi, 51% du débit viendrait depuis la rive droite.

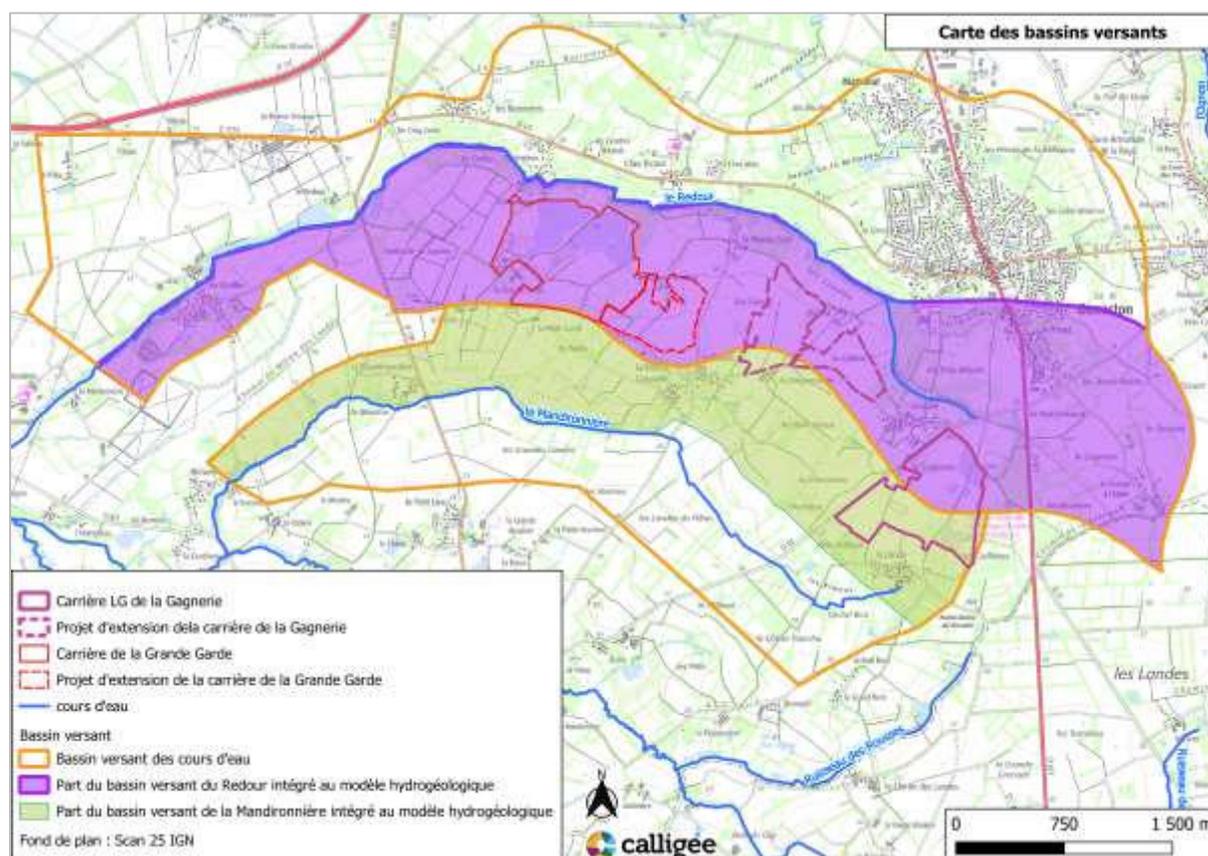


Figure 71 : Carte du bassin versant et de la part intégrée au modèle hydrogéologique

En conséquence, l'incidence des carrières de la Grande Garde et de la Gagnerie (existantes et projets d'extension) sur le débit total du Redour serait d'environ 7% en comparaison à une situation avant tout aménagement.

Rappelons que c'est une évaluation moyennisée sur l'année qui ne traduit pas les éventuelles variations saisonnières.

Aussi, le modèle intègre les deux projets d'extension de carrière de GSM et de LG. Il n'est pas possible de distinguer l'impact de chacun. L'incidence de 7% sur le débit moyen du Redour est donc l'incidence cumulée des deux projets.

Aussi, GSM réalise un suivi mensuel des niveaux d'eaux dans le Redour, mais aussi dans le ruisseau de la Mandironnière au sud, afin d'évaluer d'éventuelles variations d'écoulement.

En conséquence, l'exploitation de la carrière et son réaménagement auront une incidence limitée sur la quantité des eaux superficielles.



Figure 72 : Principes de remise en état du site (source : GSM)

10.2 - INCIDENCES QUALITATIVES

10.2.1 - INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

10.2.1.1 - Phase exploitation

En phase d'exploitation, les eaux de ruissellement transitent dans des bassins tampons avant d'être rejetées au milieu naturel via un exutoire qui sera mis en place au nord-ouest de l'extension pour un rejet in-fine dans le ruisseau du Redour.

Les boues résultant du process de criblage et du nettoyage des matériaux sont évacuées dans des bassins de décantation dont le surplus s'évacue par surverse (implanté à l'opposé de l'arrivée de boues) en cascade dans d'autres bassins. L'ensemble rejoint le bassin central sur lequel est installée la surverse au milieu naturel.

Pour le process, il n'est pas utilisé de traitement chimique.

En conséquence, l'exploitation de la carrière sera sans incidence sur la qualité des eaux superficielles en phase exploitation.

10.2.1.2 - Phase réaménagement

Après réaménagement du site, l'exutoire du grand bassin central sera toujours fonctionnel permettant l'évacuation du trop plein du plan d'eau. Cette eau sera de qualité comparable à celle de la nappe qui est drainée naturellement par le Redour.

En conséquence, la carrière réaménagée sera sans incidence sur la qualité des eaux du Redour post exploitation.

10.2.2 - INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

L'extraction de sables implique une mise à l'affleurement de la nappe. Cette création de plan d'eau ne génère pas de modification de la qualité des eaux, mais elle augmente par ailleurs le risque de pollution en créant un point d'accès direct à la nappe. Il conviendra donc potentiellement de réglementer les accès aux plans d'eau.

Certains bassins seront comblés par des boues correspondant à des argiles présentes naturellement dans les matériaux extraits, lesquelles sont issues du process pour lequel il n'est pas utilisé de produits chimiques. Le remblaiement par ces matériaux sera sans incidence pour la qualité des eaux souterraines.

D'autres bassins seront comblés par des matériaux inertes, lesquels répondront aux critères d'acceptabilité en ISDI. De plus, il ne s'agit que de produit de découverte de terrassement. Aucun produit de démolition ne sera mis en œuvre. Par conséquent, le remblaiement par ces matériaux inertes sera sans incidence sur la qualité des eaux souterraines.

En conséquence, le projet de carrière sera sans incidence sur la qualité des eaux souterraines

10.3 - INCIDENCES SUR LES ZONES HUMIDES

Les éventuelles zones humides en lien avec la nappe des sables pliocènes situées à proximité du projet ne seront globalement pas affectées par le projet car les niveaux moyens de nappe resteront comparables ou plus élevés à ceux simulés pour une année quinquennale sèche de référence.

L'exploitation est réalisée sans modulation des niveaux d'eau donc sans fluctuation majeure des niveaux piézométriques.

Ceci étant une attention particulière sera portée à la zone naturelle entourée par le projet. Il sera notamment installé une échelle limnimétrique dans la mare existante. Cet équipement sera suivi mensuellement pour vérifier l'absence d'incidence.



11 Conclusion

L'étude hydrogéologique menée pour le projet d'extension de la carrière de la Grande Garde de GSM à Saint-Colomban et intégrant le proche projet d'extension de la carrière de la Gagnerie de LG a porté sur une approche bibliographique dont les données les plus pertinentes ont été intégrées dans un modèle hydrogéologique.

Ces travaux confirment que la proximité des projets implique des relations hydrogéologiques étroites.

En conséquence, de nombreuses simulations ont été menées lesquelles ont conduit à réaliser des choix et des ajustements de chacun des projets, afin d'obtenir le meilleur compromis pour limiter au maximum les effets.

Ainsi, pour l'extension de la Grande Garde, GSM a notamment choisi d'exploiter le gisement sans abaissement des niveaux de bassins exploités. L'ordre des phases d'exploitation a été revu pour avoir toujours suffisamment d'eau pour les besoins des installations de traitement. Entre les bassins remblayés par des fines peu perméables, des matériaux inertes plus perméables seront mis en œuvre. Une partie des berges Est, à proximité des hameaux de Brosse-Gaspaille et de la Douve sera colmatée par des matériaux peu perméables pour limiter les effets. Enfin, un nouveau trop plein sera installé au nord-ouest du grand plan d'eau créé.

En conséquence, en situation quinquennale sèche, les piézométries simulées en 2024-2025, 2034, 2035 et après réaménagement seront proches de la piézométrie simulée en situation initiale en année quinquennale sèche. Les niveaux moyens d'eau des puits des hameaux périphériques (Marais Gâté, La Brosse Gaspaille, La Douve, La Garde) seront comparables aux niveaux de référence (abaissement de 25cm maximum).



12 Résumé

La société GSM exploite depuis 2002 la sablière de la Grande Garde sur la commune de Saint-Colomban (44). Arrivant au terme de l'exploitation du gisement autorisé, GSM projette une extension de son exploitation vers l'Est.

Non loin, à un peu plus d'un kilomètre à l'Est, Lafarge Granulats (LG) exploite également une sablière dans le même gisement de sables. LG projette aussi une extension, vers l'Ouest.

Ainsi, les deux projets d'extension conduisent au rapprochement des sites d'extraction.

Le gisement de sables contient une nappe d'eau souterraine laquelle est utilisée par des puits domestiques ou agricoles pour des usages d'arrosage ou de consommation humaine. Cette nappe se vidange naturellement dans le ruisseau du Redour au Nord, et de façon plus limitée dans le ruisseau de la Mandironnière au Sud.

Ces projets d'extension de carrières peuvent générer des incidences sur les écoulements d'eaux souterraines.

La proximité des deux projets a conduit les carriers à confier les études hydrogéologiques préalables à un même bureau d'études (Calligée) afin de pouvoir compiler les éléments des deux sites et obtenir des résultats plus fiables. Notons qu'entre 2018 et 2022, Calligée avait déjà réalisé, indépendamment, des études avec modélisation, pour caractériser le fonctionnement hydrogéologique de chaque carrière.

Cette présente mission s'appuie sur une synthèse des données bibliographiques et historiques, lesquelles ont été injectées dans un modèle hydrogéologique. Par la suite, les projets des carriers ont été pris en compte et intégrés au modèle. Plusieurs scénarios d'exploitation ont été simulés pour en étudier les effets. Ceci a conduit GSM à retenir le projet présentant le moins d'incidence sur la ressource, notamment une extraction sans pompage d'abaissement de niveaux d'eau dans les bassins d'extraction.

Ainsi, le projet d'extension portera sur l'exploitation d'environ 166 000 m³/an de matériaux bruts (250 000 tonnes de sables vendus/an) pendant 15ans, sur une surface d'exploitation d'environ 22 ha.

A terme, les zones d'extraction de la carrière actuelle seront conservées en plan d'eau (en partie centrale) ou comblées par des fines ou par des matériaux inertes importés pour les zones périphériques. La future zone d'extension de la sablière sera convertie en grand plan d'eau. Une partie de la berge Est de ce grand plan d'eau sera colmatée par des matériaux peu perméables pour limiter les effets.

Les travaux de simulations hydrogéologiques du projet retenu montrent que les niveaux moyens de nappe simulés (en considérant une année sèche de récurrence quinquennale) seront comparables de ceux simulés en situation initiale (avant la mise en exploitation de la carrière). Par conséquent, les niveaux moyens des puits des riverains des hameaux de la Brosse Gaspaille, de la Douve, de la Garde et du Marais Gâté connaîtront des abaissements maximum 25cm en phase d'exploitation. L'impact modélisé au stade réaménagé serait de moins de 10 cm.

Ces niveaux de nappe simulés induisent que le projet n'aura pas d'incidence marquée sur les écoulements superficiels et sur les zones humides.

GSM mettra en œuvre, de la même façon qu'aujourd'hui, des moyens de contrôles et de suivi des niveaux de nappe et des rejets dans le milieu naturel.

OBSERVATIONS IMPORTANTES

CONDITIONS DE VALIDITE DE L'ETUDE

1 - Le présent rapport et ses annexes (planches, plans hors-texte, etc.) constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou d'une reproduction partielle ne sauraient engager la société CALLIGEE.

2 - La société CALLIGEE ne peut être rendue responsable des modifications apportées au présent rapport sans son consentement écrit.

3 - Les conclusions de l'étude sont établies à partir d'informations disponibles fournies et collectées et de mesures et échantillonnages limités dans l'espace et le temps, qui ne permettent pas de présager d'hétérogénéités naturelles ou artificielles des milieux et de variations temporelles des conditions physiques (météorologie, période hydrologique, occupation des sols, activités anthropiques, etc.).

Les méthodes de reconnaissance et de caractérisation du sol et sous-sol et des eaux souterraines et superficielles sont ponctuelles et ne sauraient être représentatives d'une zone plus étendue. Sauf mention contraire, les incertitudes associées aux méthodes, échantillonnage et analyses ne sont pas prises en compte dans le rapport. Les méthodes de reconnaissance géophysique étant quant à elles de nature indirecte et non destructive, les résultats qui en découlent résultent d'interprétations sur la base de jugement professionnel et scientifique.

4 - Les résultats de l'étude sont valables uniquement dans le cadre de la demande et des hypothèses formulées par le client. Ils ont été établis en fonction des caractéristiques de son projet prévalant au moment où l'étude a été réalisée.

5 - Si, en l'absence de fourniture de l'ensemble des données demandées dans son offre, et à défaut de disposer de données précises spécifiques à la zone étudiée, la société CALLIGEE a été amenée dans le présent rapport à faire des hypothèses sur le projet, il appartient au client ou à son maître d'œuvre de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à CALLIGEE d'avoir établi son étude sur la base desdites hypothèses.

6 - Toute modification ultérieure du projet concernant la conception, l'implantation, et/ou le niveau, la taille des ouvrages ne pourra pas être prise en compte dans le rapport. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caduque certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.

7 - Les conclusions de l'étude sont valables à la date de rédaction du présent rapport suivant la réglementation en vigueur à cette même date. Toute évolution réglementaire postérieure à la réalisation de l'étude devra être prise en compte par le client.

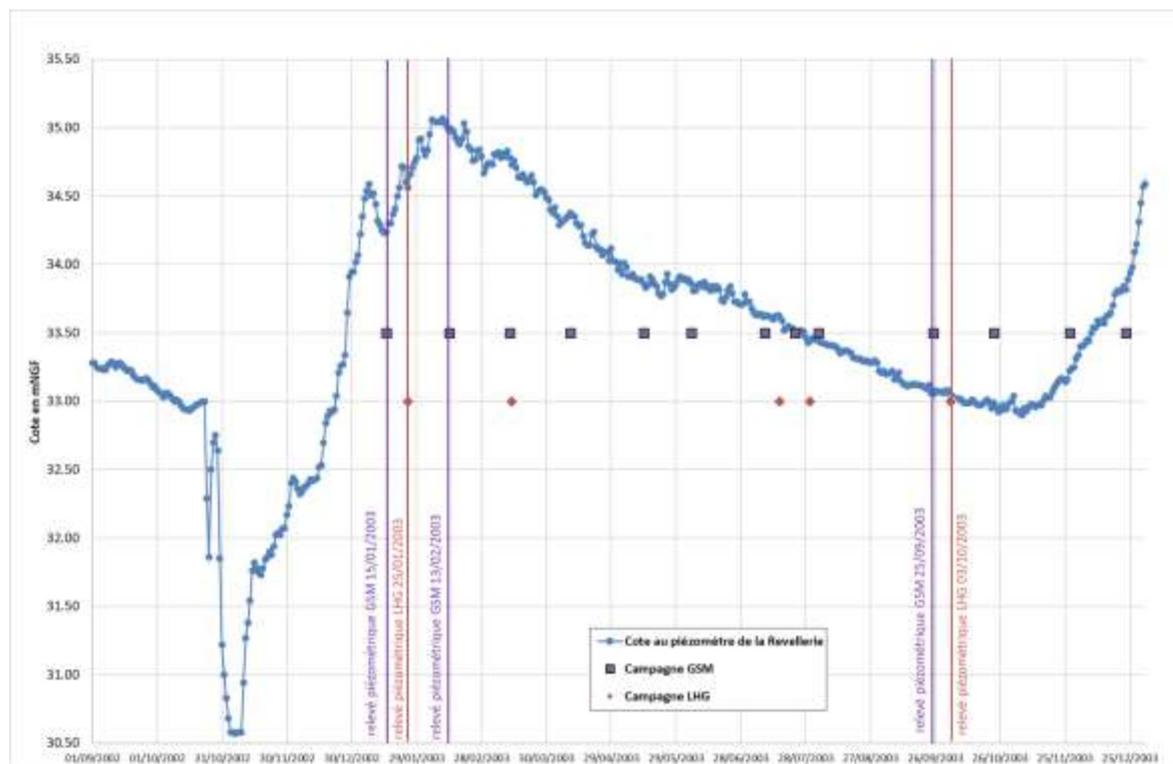
8 - L'utilisation des résultats de CALLIGEE pour chiffrer un coût autre qu'estimatif de travaux ou d'infrastructures ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de CALLIGEE.

ANNEXES

ANNEXE 1 : DONNEES PRISES EN COMPTE POUR LE CALAGE DU MODELE EN SITUATION AVANT EXPLOITATION (2003)

Cartes piézométriques

La figure suivante présente la variation piézométrique sur l'ouvrage de référence (seules les données du piézomètre de la Revellerie à St-Philbert de Grand Lieu sont disponibles) et les dates de campagnes piézométriques des carriers.



Niveau de nappe au piézomètre de référence de la Revellerie en 2003, campagnes piézométriques des carriers en 2003

Les hautes eaux sont enregistrées entre le 5 et le 10 février 2003. Pour caractériser cette période de hautes eaux, les campagnes piézométriques n'étant pas synchrones, sont considérées les données de LG du 25/01/2003, et une moyenne des données des campagnes GSM des 15/01/2003 et 13/02/2003.

Pour la période de basses eaux, qui s'établit entre le 25/10 et le 05/11/2003, les campagnes prises en considération seront celles :

- du 25/09/2003 sur le secteur de la carrière de la Grande Garde (GSM),
- du 03/10/2003 sur le secteur de la carrière de la Gagnerie (LG).

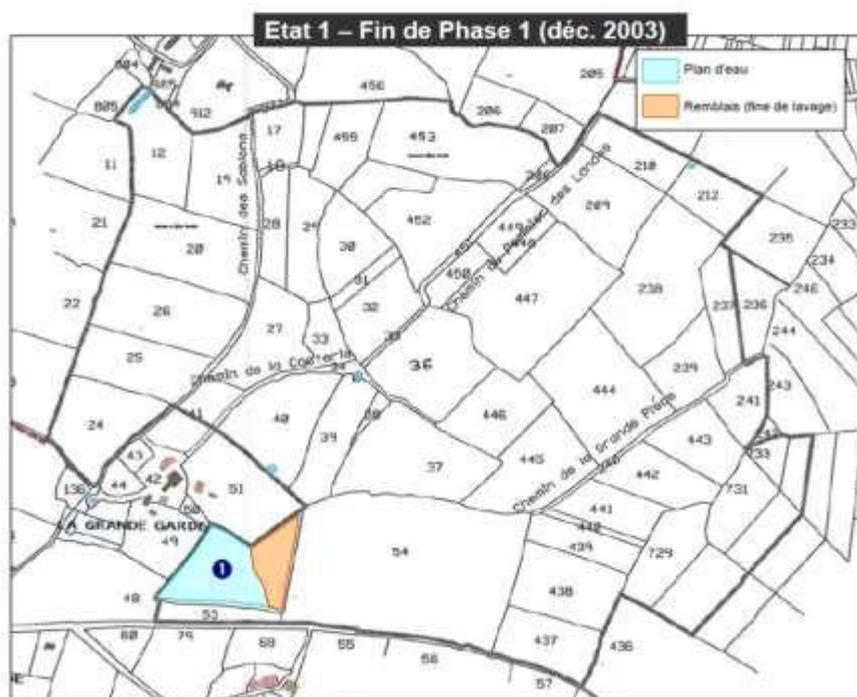
car ces deux campagnes sont en situation hydrologique comparable.

A défaut de campagnes piézométriques synchrones en période de moyennes eaux, des situations piézométriques moyennes seront calculées à partir de la moyenne des situations contrastées (BE et HE)

Exploitation

En 2003, le site de LG n'est pas encore exploité.

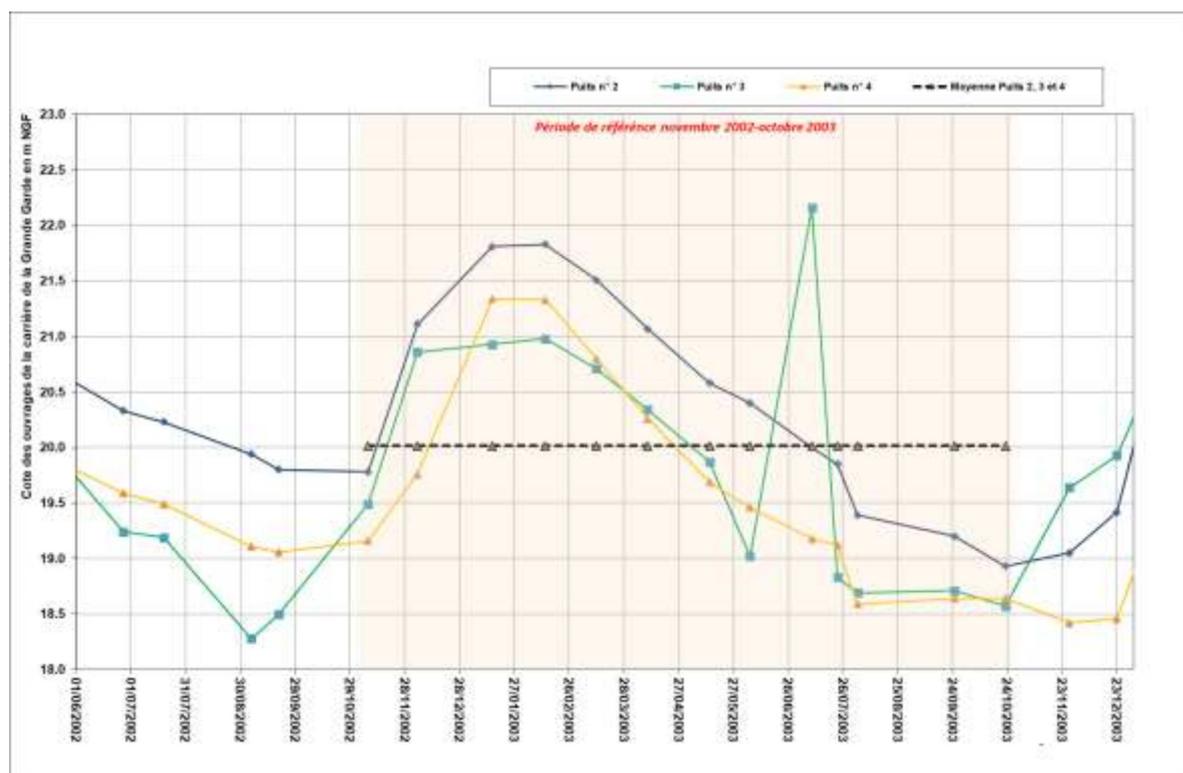
Par contre, l'exploitation de celui de GSM a débuté par le Sud. Comme rappelé dans le rapport de modélisation d'ATOS n°60168/S44 du 2 juin 2006, l'exploitation s'est déroulée par extraction à la dragueuse sans rabattement de nappe de décembre 2002 à décembre 2003. L'exploitation s'est faite par ouverture du plan d'eau n°1 sur les parcelles A52 et A 53 avec remblaiement partiel par des fines de lavage sur 1/3 Est. L'extraction s'est faite par drague susseuse de l'Est vers l'Ouest.



Etat d'exploitation de la carrière de la Grande Garde en décembre 2003 (extrait du rapport ATOS n°60168/S44)

En conséquence, il est considéré que, pour la situation moyenne 2003 injectée dans le modèle, la moitié Est du bassin est exploitée sur toute hauteur, soit environ à la cote 10mNGF (équivalente au toit du substratum). La partie Ouest du gisement est considéré non exploitée.

Le bassin est en partie en eau à une cote moyenne équivalente à la piézométrie locale. Au regard des mesures faites sur les puits n°4 de la Grande Garde, du puits n°2 de la Garde et du puits n°3 de la Petite Garde, **la cote piézométrique au droit du bassin d'exploitation n°1 est estimée à 20 mNGF.**



Evaluation moyenne du niveau d'eau autour du bassin 1 de la carrière de la Grande Garde, à partir des relevés de puits n°2, 3 et 4 ;

Écoulements superficiels

A défaut de mesures de débit et/ou de niveaux d'eau dans les cours d'eau sur cette période, nous nous appuyons sur les relevés récents pour faire les estimations suivantes :

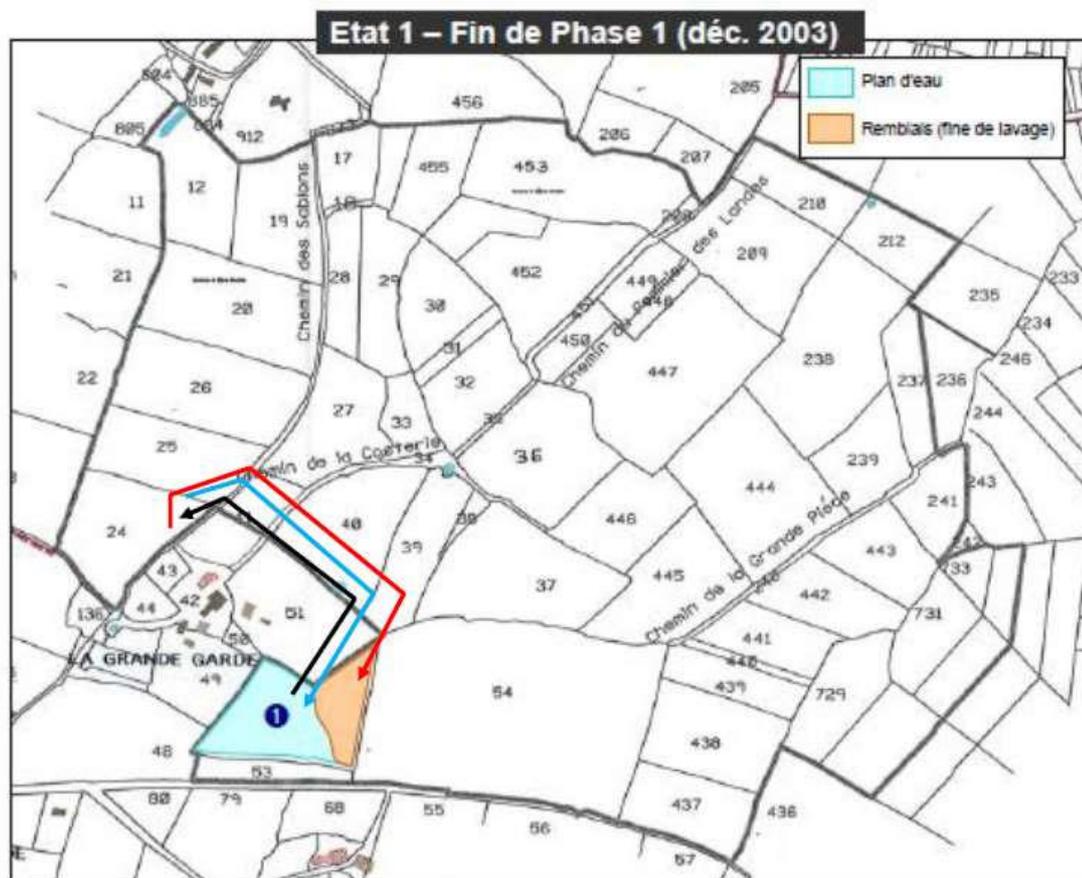
Hypothèses d'écoulements superficiels 2003

Thématique	Hautes eaux 2003	Basses Eaux 2003
Écoulement Redour	écoulement depuis le plan d'eau de Géneston	écoulement depuis le plan d'eau de Géneston
Écoulement Mandironnière	Écoulement depuis les Rimans	Écoulement uniquement à partir de la RD178
Débit Redour au marais Gâté	2500 m ³ /h (car niveau piézo à la Revellerie comparable à celui de février 2021) – attention valeur probablement surestimée	Non évaluable
Débit Mandironnière	335 m ³ /h (car niveau piézo à la Revellerie comparable à celui de février 2021)	Non évaluable
Écoulement trop plein carrière de la Grande Garde	Pas de canalisation de l'écoulement	Pas de canalisation de l'écoulement

Transfert d'eau

En l'absence d'exploitation sur le site de la Gagnerie, il n'y avait aucun transfert d'eau.

Sur le site de la Grande Garde, en 2003, seul le bassin B1 était en cours d'exploitation. Le pompage et les rejets s'effectuaient de part et d'autre du bassin avec un débit de prélèvement de 600 m³/h pour le transport hydraulique. A l'issue du traitement des sables, l'intégralité des eaux était rejetée dans le bassin B1. Il n'y avait pas d'exhaure canalisé vers le Redour.



- • Renvoi eaux claires en sorties du clarificateur – environ 50m³/h
- • Renvoi des boues en sorties du clarificateur – environ 50m³/h
- • Envoi des matériaux par conduite hydraulique depuis la drague aspiratrice – 600m³/h

Circuit des eaux sur la carrière de la Grande Garde en 2003

Topographie

Au droit du site de la carrière de GSM, la topographie prise en compte est considérée inchangée, en dehors du bassin B1 dans lequel l'exploitation en situation moyenne 2003 aurait impliqué l'atteinte de la base du gisement (environ 10mNGF) en partie Est.

Sur le reste du bassin versant, la topographie prise en compte est celle de la situation initiale (voir § 2).

La topographie prise en compte est celle issue des cartes IGN de l'époque et des relevés topographiques locaux des carrières avant extraction : 2002 pour GSM sur le site de la Grande Garde et 2010 pour LG pour le site de la Gagnerie.

Recharge

Le travail porte sur un cycle hydrologique qui s'étend de novembre 2002 à octobre 2003, soit une pluviométrie cumulée de 939.2 mm, assez comparable à la moyenne (890mm).

Un bilan hydrique est établi sur la base d'une évaluation de l'évapotranspiration potentielle calculée au point de grille par Météofrance. Pris également en compte, une Réserve Facilement Utile (RFU) de 100mm, communément admise dans la région, et une part d'infiltration de 95% (très largement prioritaire devant l'infiltration).

Ainsi, sur cette période 2003, la pluviométrie efficace était 362.8 mm et la recharge réelle de la nappe estimée à 345mm.

Bilan hydrique au droit du projet – Période nov.2002 à oct.2003

	janv-03	févr-03	mars-03	avr-03	mai-03	juin-03	juil-03	août-03	sept-03	oct-03	nov-02	déc-02	TOTAL
P (mm)	90	56.7	28	27.4	58.6	57.2	76.2	37.6	62.9	102.1	194.5	148	939.2
ETP (mm)	16.5	26.6	61.3	82.7	94.6	127.9	125.5	133.2	81.8	38.1	26.8	20.5	835.5
P-ETP (mm)	73.5	30.1	-33.3	-55.3	-36	-70.7	-49.3	-95.6	-18.9	64	167.7	127.5	103.7
RFU (mm)	100	100	66.7	11.4	0	0	0	0	0	64	100	100	
ΔRFU (mm)	0	0	-33.3	-55.3	-11.4	0	0	0	0	64	36	0	
ETR (mm)	16.5	26.6	61.3	82.7	70	57.2	76.2	37.6	62.9	38.1	26.8	20.5	576.4
P Efficace (excédent en mm)	73.5	30.1	0	0	0	0	0	0	0	0	131.7	127.5	362.8
Recharge nappe (95% infiltration)	69.8	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.1	121.1	344.7
Déficit (mm)	0	0	0	0	0	70.7	49.3	95.6	18.9	0	0	0	234.5

Prélèvements

Entre 1998 et 2003, le secteur ne semble pas avoir subi beaucoup d'aménagements. En conséquence, les volumes de prélèvements considérés sont ceux recensés par LG en 1998 auquel s'ajoutent les pertes d'eau par export de matériaux de GSM.

A défaut d'éléments sur d'éventuels prélèvements maraichers, ces derniers sont considérés nuls en 2003.

Estimation des volumes prélevés

Indice	Lieu	Usage	Estimation du volume annuel 2003 (m3/an)
1	La Lande	Domestique + agricole	1 400
2	Lincuire	Domestique + agricole	2 900
3	Chotard	Domestique + agricole	800
4	La Douve	Domestique + agricole	3 400
5	La Brosse Gaspaille	Domestique + agricole	1 900
6	Le Marais Gâté	Domestique	800
12	Sud bourg Géneston	Domestique	1 600
13	La Grange à l'Abbé	Domestique + agricole	2 000
	Carrière GSM	Industriel (via extraction de matériaux)	7 460

ANNEXE 2 : DONNEES PRISES EN COMPTE POUR LE CALAGE DU MODELE EN SITUATION D'EXPLOITATION DES CARRIERES DE LA GRANDE GARDE ET DE LA GAGNERIE (2014)

Cartes piézométriques

La carte piézométrique de moyennes eaux 2014 est établie à partir de la moyenne des valeurs piézométriques de hautes eaux et de basses eaux. La carte produite montre une piézométrie (direction d'écoulement, axe de drainage) assez similaire à celle établie en 2003. La seule différence majeure sont les effets du rabattement local de la nappe autour du bassin 5 de la carrière de la Gagnerie, en cours d'exploitation.



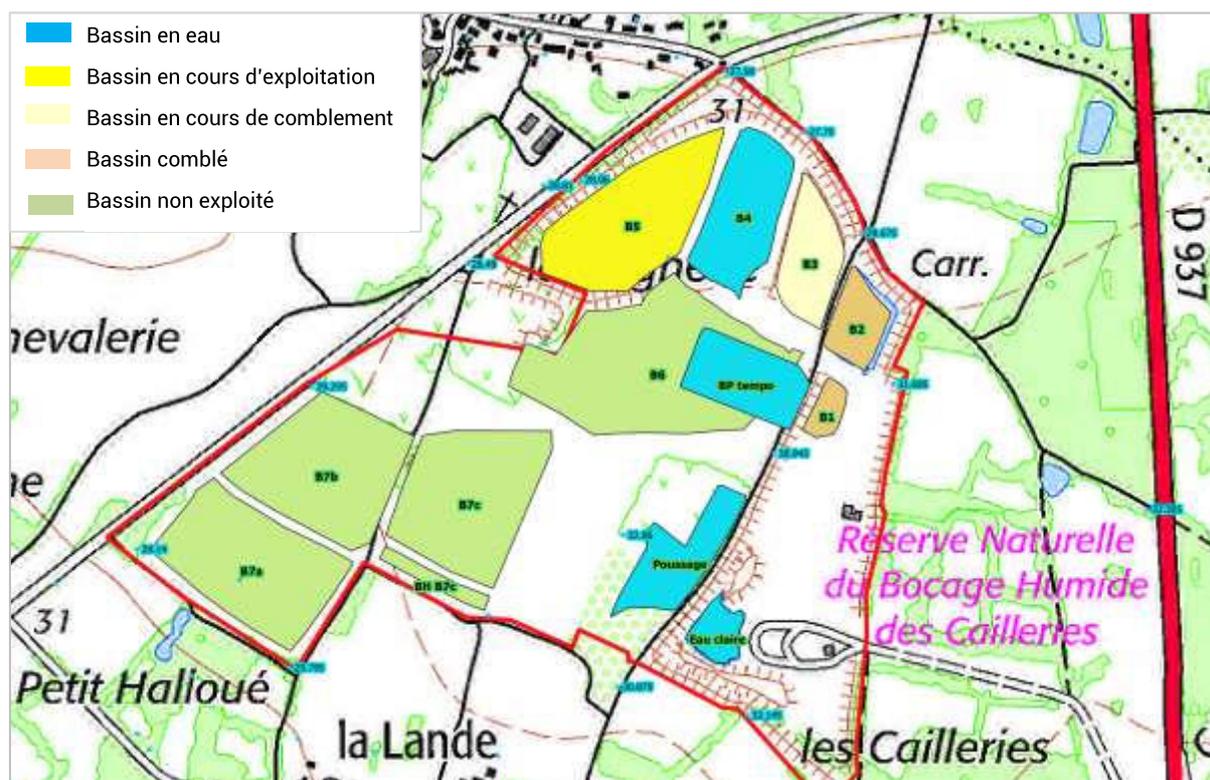
Carte piézométrique de moyennes eaux 2014

Exploitation

L'état d'avancement de la carrière de la Gagnerie est estimé à partir des levés topographiques réalisés les 26 août 2013 et 4 août 2014, et des éléments transmis par LG.

Etat d'exploitation estimé de chacun des bassins de la carrière de la Gagnerie

Bassin	26/08/2013	4/08/2014	Etat moyen pris en considération pour la modélisation	Cote NGF proposée
Basin eau claire	En eau	En eau	En eau	31 mNGF (évaluée d'après cote moyenne 2014)
Bassins 1 et 2	Exploités et comblés par des fines	Exploités et comblés par des fines	Exploités et comblés par des fines	-
Bassin 3	Exploité en eau en cours de comblement	Exploité en eau en cours de comblement	Exploité en eau en cours de comblement	-
Bassin 4	En eau	Exploité en eau en cours de comblement	En eau	28mNGF d'après cotes moyennes 2014
Bassin 5	En cours d'exploitation, partiellement en eau	En cours d'exploitation, partiellement en eau	En cours d'exploitation, partiellement en eau	28mNGF, idem B4
Bassin 6 = bassin de poussage temporaire	Partiellement exploité et en eau	Partiellement exploité (agrandi) et en eau	Partiellement exploité et en eau	30.5mNGF d'après topo locale mais probablement plus basse en raison des pompages
Reste du bassin 6	Non exploité	Non exploité	Non exploité	
Bassin 7a	Non exploité	Non exploité	Non exploité	
Bassin 7b	Non exploité	Non exploité	Non exploité	
Bassin 7c	Non exploité	Non exploité	Non exploité	
Bassin de poussage	Non exploité	Non exploité	Non exploité	
Barrière hydraulique périphérique au bassin 5	Non active	Active à l'été ou l'automne 2014	Non active, mais attention à son effet sur la piézométrie locale à Lincuire en basses eaux	

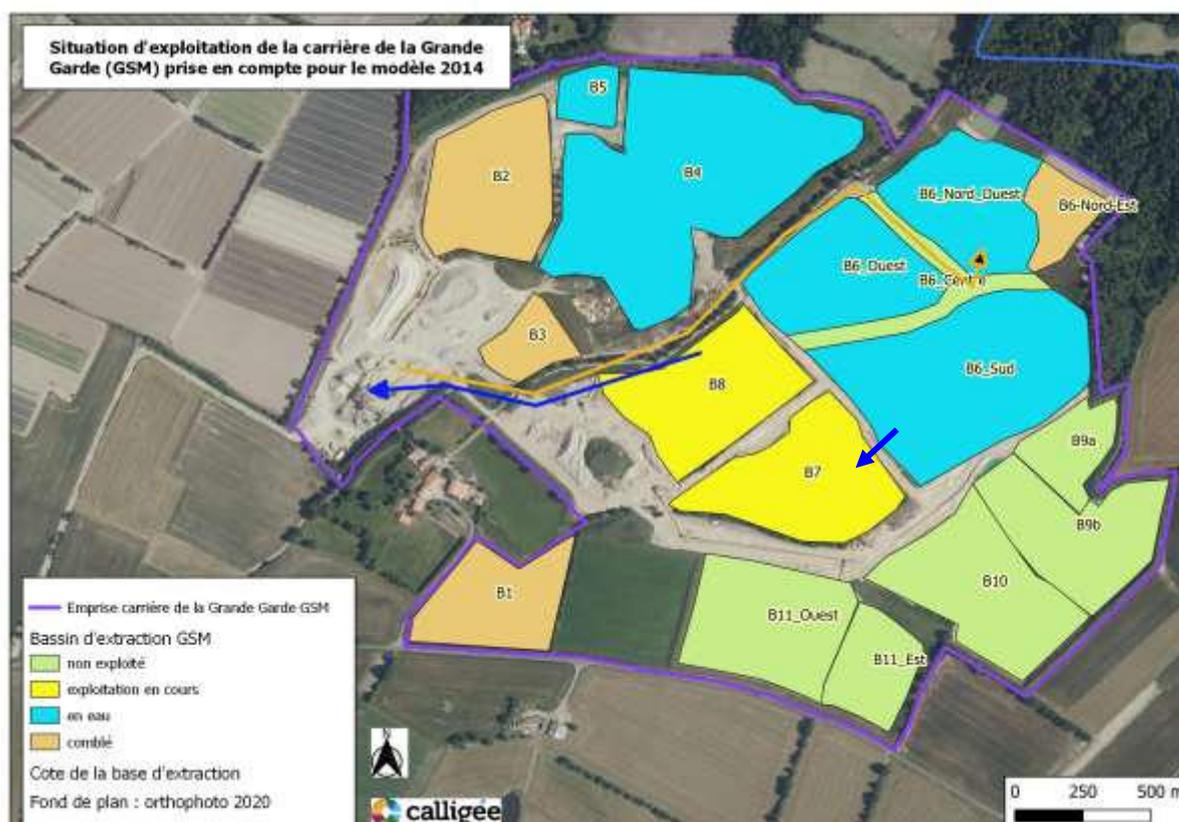


Extrait des mesures moyennes de niveaux de nappe 2014 sur la carrière de la Gagnerie

Etat d'exploitation estimé de chacun des bassins de la carrière de la Grande Garde

Bassin	Etat moyen pris en considération pour la modélisation	Source de l'info
Bassin 1	Comblé sur toute la hauteur par des fines	absence de relevé bathymétrique du fond d'extraction, donc estimation faite d'extraction jusqu'à la base
Bassins 2	Exploité et comblé par des fines	Cote fond d'après plan topo 2005 Comblement considéré jusqu'au TN car sert pour la décantation des fines (validée par photoA 2012)
Bassin 3	Exploité et comblé par des fines	Cote fond d'après plan topo 2005 Comblement considéré jusqu'au TN car sert pour la décantation des fines (validée par photoA 2012)
Bassin 4	Exploité et en eau	Cote fond d'après plan topo 2005 En eau jusqu'à une cote d'environ 17.5mNGF
Bassin 5	Exploité et en eau	Cote fond d'après plan topo 2005 En eau jusqu'à une cote d'environ 17.25mNGF (la buse du trop plein de B5 est à la cote 16.94mNGF)
Bassin 6 Nord-Ouest	Exploité et en eau	Cote fond d'après plan topo 2005 En eau jusqu'à une cote d'environ 17.5mNGF
Bassin 6 Nord-Est	Exploité et comblé	Cote fond d'après plan topo 2005
Bassin 6 centre	Non exploité	

Bassin	Etat moyen pris en considération pour la modélisation	Source de l'info
Bassin 6 Ouest	Exploité et en eau	Cote fond d'après plan topo 2014 En eau jusqu'à une cote d'environ 18mNGF
Bassin 6 Sud	Exploité et en eau	Cote fond d'après plan topo 2014 En eau jusqu'à une cote d'environ 18.25mNGF
Bassin 7	En cours d'exploitation	Cote fond d'après plan topo 2014 En eau jusqu'à une cote d'environ 15mNGF causé par pompage pour abaissement de niveau de nappe
Bassin 8	En cours d'exploitation	Cote fond d'après plan topo 2014 En eau jusqu'à une cote d'environ 15mNGF causé par pompage pour abaissement de niveau de nappe



Extrait des mesures moyennes de niveaux de nappe 2014 sur la carrière de la Grande Garde

Ecoulements superficiels

A défaut de données de débit et/ou de niveaux d'eau dans les cours d'eau, nous nous appuyons sur les relevés récents pour faire les estimations suivantes :

Hypothèses d'écoulements superficiels 2014

Thématique	Hautes eaux 2014	Basses Eaux 2014
Écoulement Redour	écoulement depuis le plan d'eau de Géneston	écoulement depuis le plan d'eau de Géneston

Thématique	Hautes eaux 2014	Basses Eaux 2014
Écoulement Mandironnière	Écoulement depuis les Rimans	Écoulement uniquement à partir de la RD178
Débit Redour au marais Gâté	2500 m ³ /h (car niveau piézo à Noë Grivaud comparable à celui de février 2021)- attention valeur probablement surestimée	Non évaluable
Débit Mandironnière	335 m ³ /h (car niveau piézo à Noë Grivaud comparable à celui de février 2021)	Non évaluable
Écoulement trop plein carrière de la Grande Garde	Actif -	inactif
Débit du trop plein carrière de la Grande Garde	Non évaluable	0

Transfert d'eau

Au droit de la carrière de la Grande Garde, les transferts étaient :

- pompage de 600m³/h d'eau claire depuis le bassin B8 pour le lavage des matériaux (vers la plateforme)
- pompage de 900m³/h d'eau claire depuis le bassin B8 pour la mise en pulpe du gisement et envoi par conduite hydraulique vers installation de traitement
- Renvoi des eaux chargées en argiles vers le bassin de décantation (1500m³/h)

A défaut de comptage, ces pompages sont considérés en fonctionnement 5j/7j environ 9h/jour.

Au droit de la carrière de la Gagnerie, nous ne disposons pas d'éléments sur les débits de pompage de 2014. Ils sont estimés proportionnels à ceux discutés de 2017, au regard de la quantité de matériaux extraits.

Ainsi, les débits sont estimés à 1160 m³/j pour le traitement et 2760 m³/j pour le poussage depuis BP1. Le Bassin d'Eau Claire (BEC) ne pouvant fournir les 1970 m³/j, le complément est trouvé dans le B5 dont l'exploitation commençait tout juste vers la mi-2014. Et pour les besoins du calage des piézomètres proches du BEC, tout est fourni finalement par le bassin B5, ce qui fait un bilan nul pour BEC (aux écarts près P/ETP directs).

Topographie

Au droit du site de la carrière de la Grande Garde de GSM, la topographie prise en compte est celle issue du relevé topographique de 31/07/2014.

Au droit du site de la carrière de la Gagnerie de LG, la topographie prise en compte est celle issue du relevé topographique du 4 août 2014, en considérant le bassin 5 non exploité (= terrain naturel) et l'absence de la barrière hydraulique à l'ouest du bassin 5.

Sur le reste du bassin versant, la topographie prise en compte est celle de la situation initiale (voir § 2).

Recharge

Le travail porte sur un cycle hydrologique qui s'étend de novembre 2013 à octobre 2014, soit une pluviométrie cumulée de 1058.6mm.

D'après les données d'évapotranspiration potentielle calculée au point de grille « Géneston », la pluie efficace sur cette période a été de 378.6 mm pour une recharge effective de la nappe estimée à 360mm.

Bilan hydrique au droit du projet – Période nov.2013 à oct.2014

D'après données au point de grille "Généston"													
	janv-14	févr-14	mars-14	avr-14	mai-14	juin-14	juil-14	août-14	sept-14	oct-14	nov-13	déc-13	TOTAL
P (mm)	179.2	147.9	58.5	60.3	55	37.4	52	104.1	50.9	71.1	110.7	131.5	1058.6
ETP (mm)	22.2	31.9	63.7	81.3	112.4	140.4	136.5	113.5	102	55	28.8	23.9	911.6
P-ETP (mm)	157	116	-5.2	-21	-57.4	-103	-84.5	-9.4	-51.1	16.1	81.9	107.6	147
RFU (mm)	100	100	100	79	21.6	0	0	0	0	16.1	98	100	
ΔRFU (mm)	0	0	0	-21	-57.4	-21.6	0	0	0	16.1	81.9	2	
ETR (mm)	22.2	31.9	63.7	81.3	112.4	59	52	104.1	50.9	55	28.8	23.9	685.2
P Efficace (excédent en mm)	157	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105.6	378.6
Recharge nappe (95% infiltration)	149.2	110.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.3	359.7
Déficit (mm)	0	0	0	0	0	81.4	84.5	9.4	51.1	0	0	0	226.4

Prélèvements

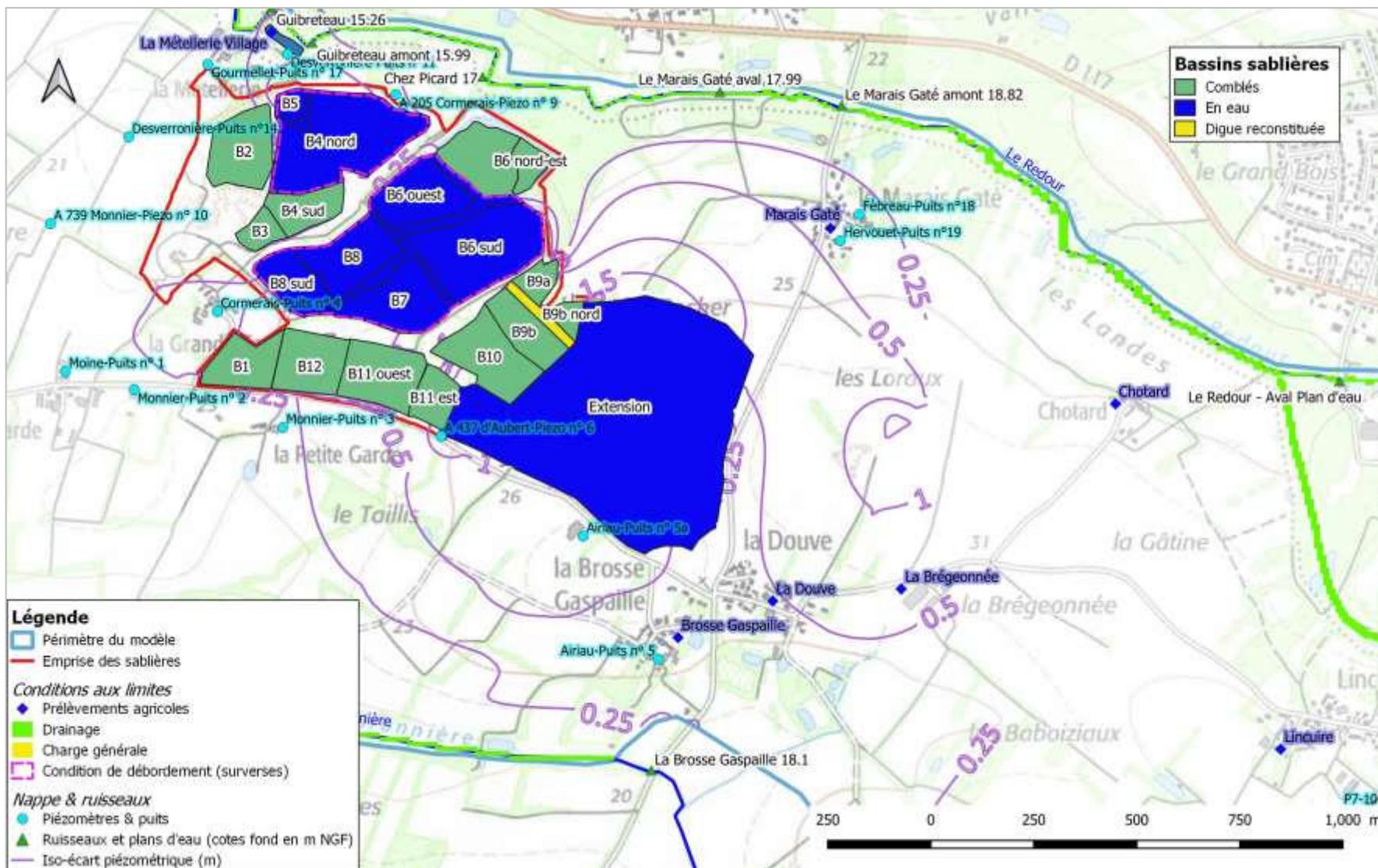
A défaut de recensement exhaustif en 2014, les prélèvements s'appuient sur les relevés initiaux (pour les usages domestiques) auxquels sont ajoutées les données de la BNPE. A noter que les prélèvements des Grolles ne sont pas considérés car en rive gauche du Redour, donc en dehors du modèle. Ceux des Landes 1 et 2 ne sont pas considérés car captant l'aquifère sous-jacent du socle.

Aussi, les prélèvements supplémentaires au GAEC de la Douve, situé au hameau de la Brégeonnée, ne sont pas considérés car le développement de l'exploitation agricole n'a eu lieu qu'en 2015.

Estimation des volumes prélevés en 2014

Indice	Lieu	Usage	Estimation du volume annuel 2014 (m ³ /an)
1	La Lande	Domestique + agricole	1 400
2	Lincuire	Domestique + agricole	2 900
3	Chotard	Domestique + agricole	800
4	La Douve	Domestique + agricole	3 400
5	La Brosse Gaspaille	Domestique + agricole	1 900
6	Le Marais Gâté	Domestique	800
12	Sud bourg Généston	Domestique	1 600
13	La Grange à l'Abbé	Domestique + agricole	2 000
	Carrière GSM	Industriel (via extraction de matériaux)	13 660
	Carrière LG	Industriel (via extraction de matériaux)	15 170
	LA MANDIRONNIERE N01	agricole	11 500
	LE CARRÉ O	agricole	41 489
	LA METELLERIE VILLAGE	agricole	62 910
	LE BRULOT	agricole	544

ANNEXE 3 : RESULTATS CARTOGRAPHIQUES DES SIMULATIONS INTERMEDIAIRES



Ecart entre la piézométrie simulée S1 – site réaménagé - et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003

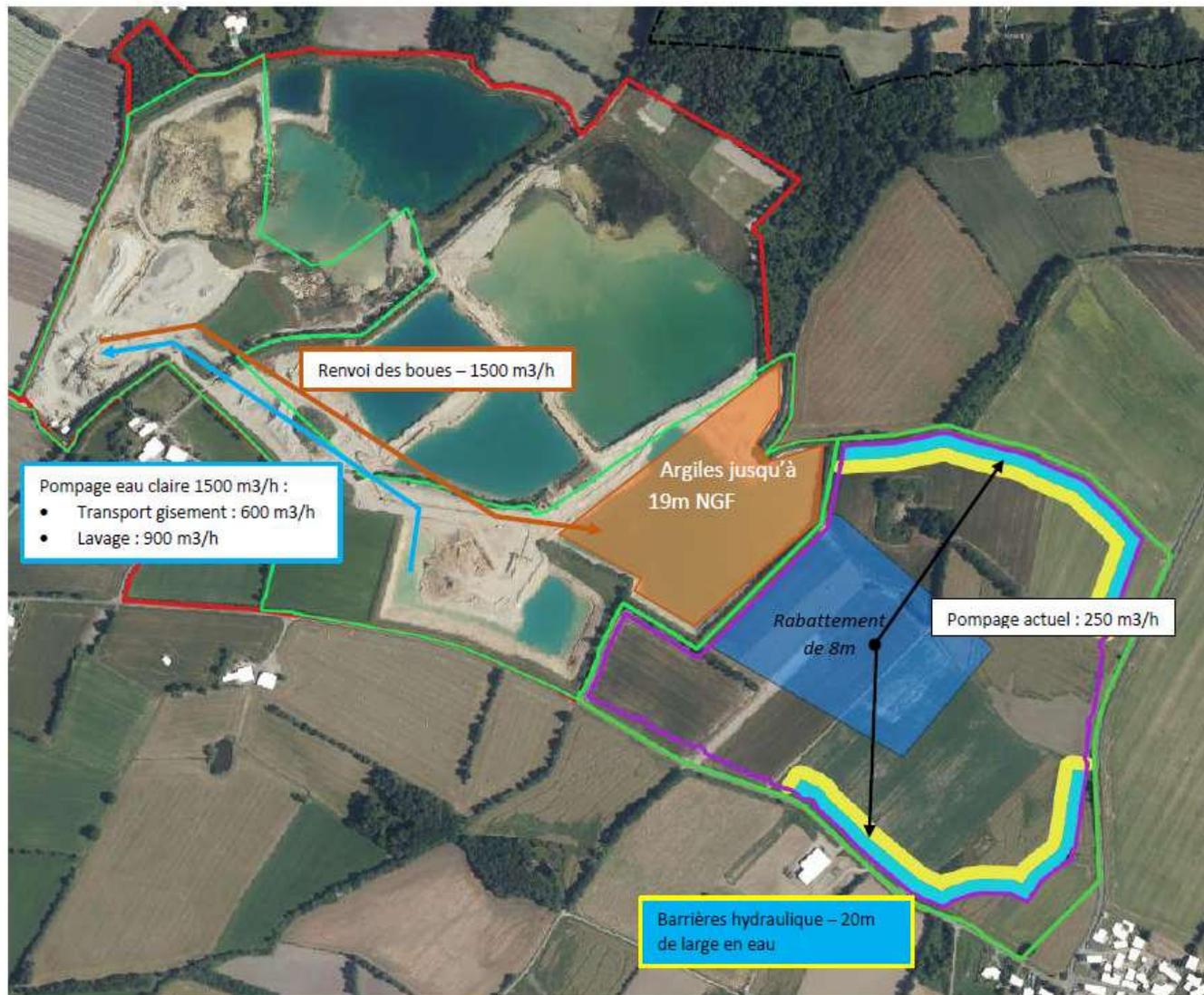
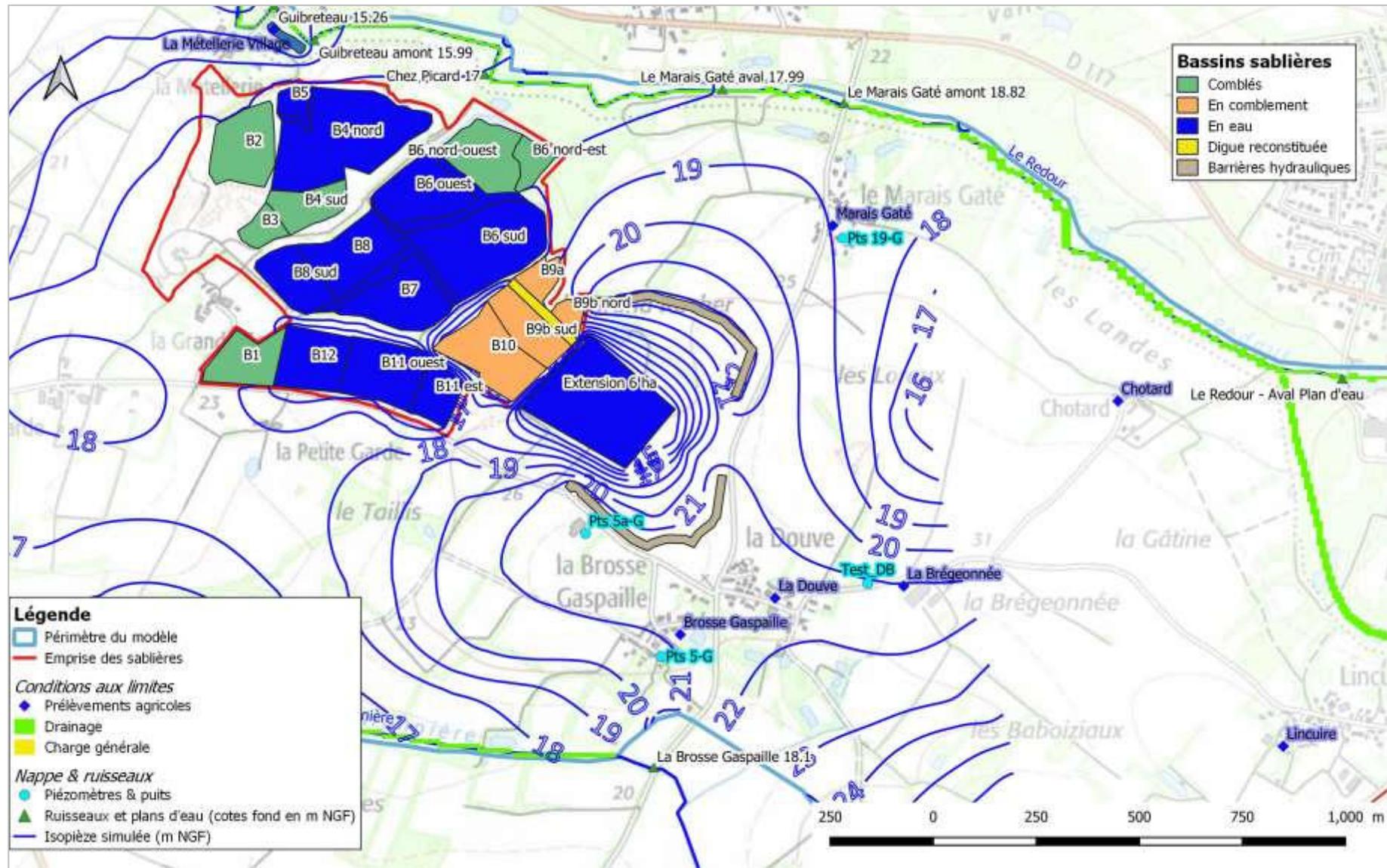
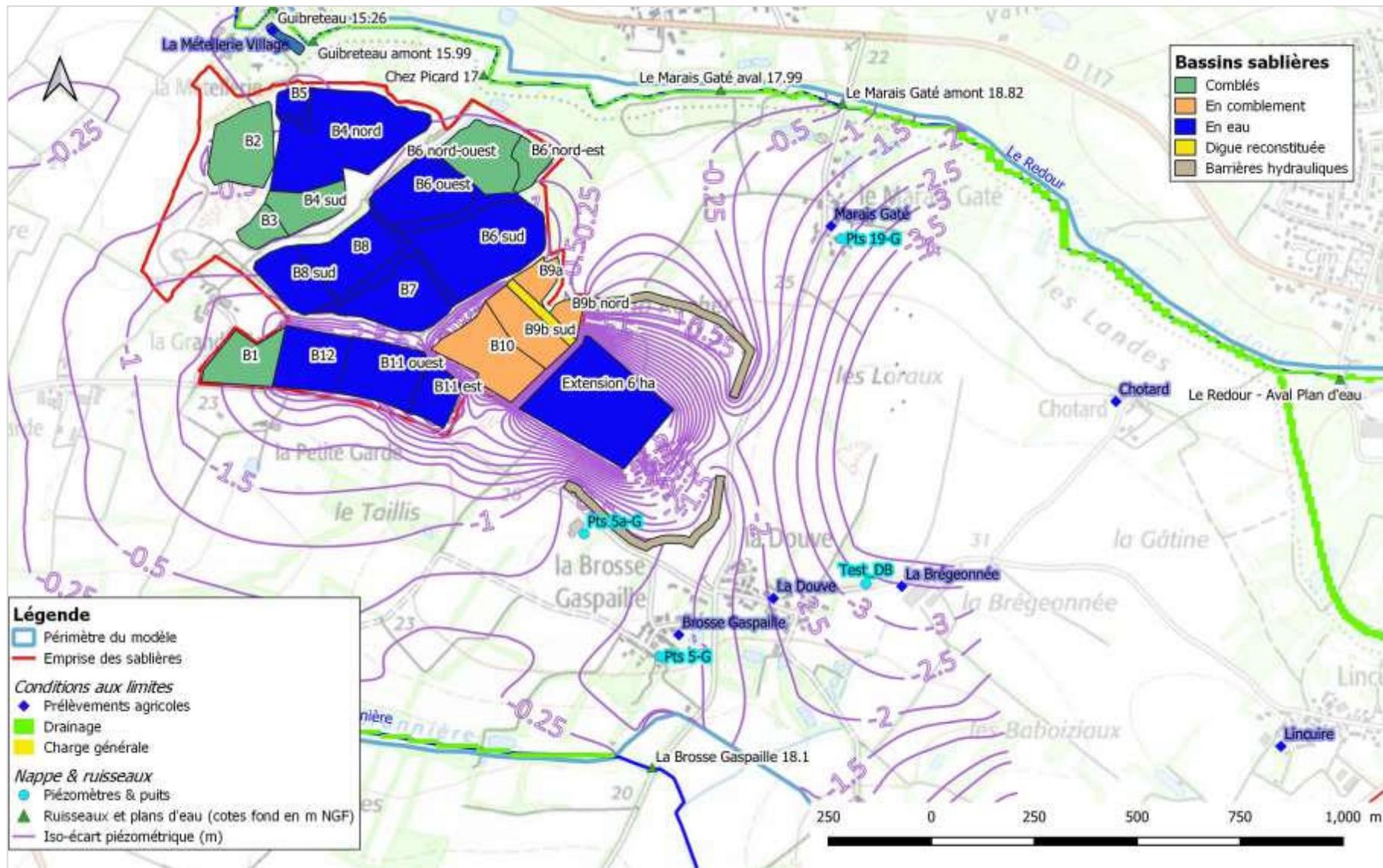


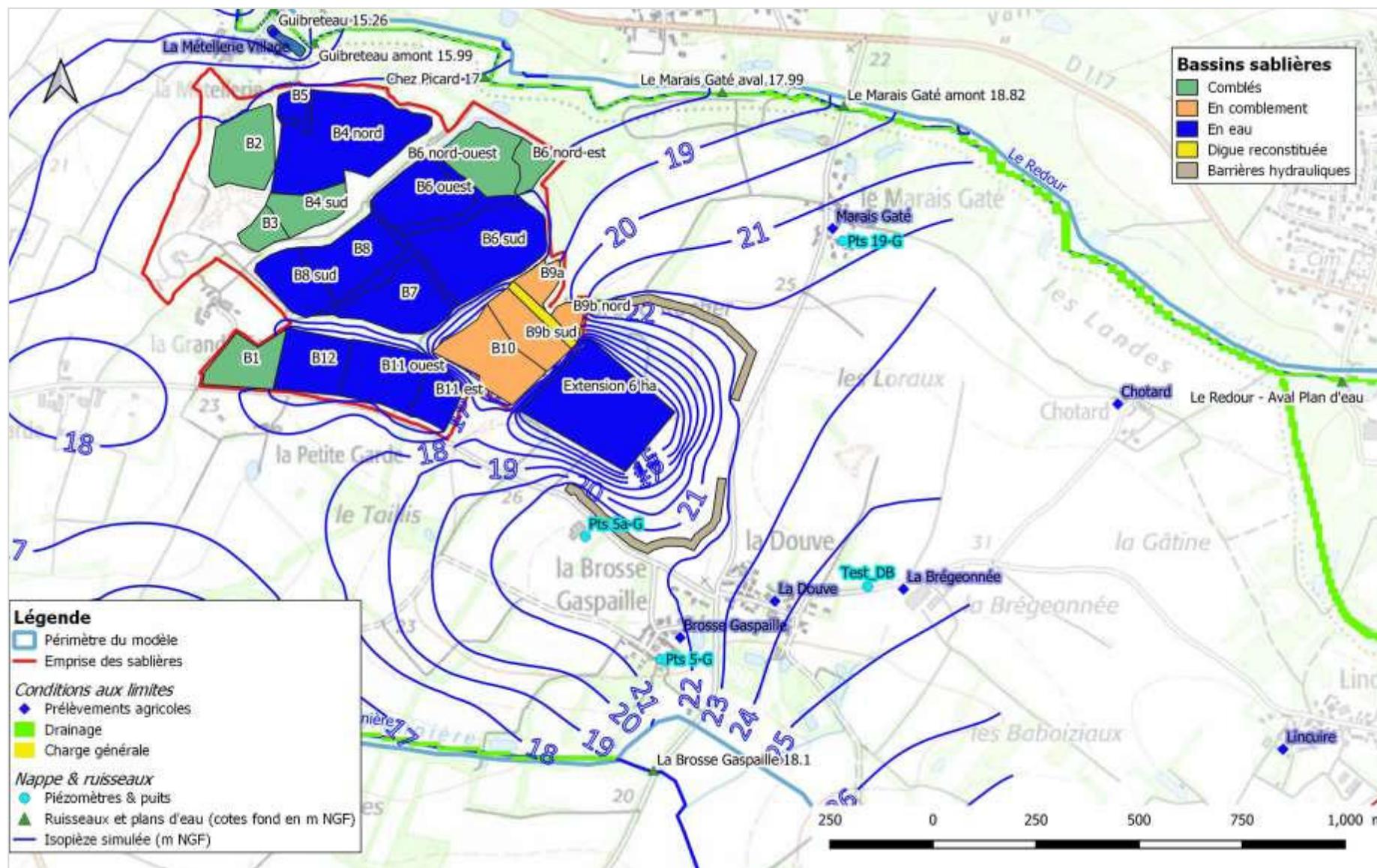
Schéma d'exploitation de la carrière de la Grande Garde simulée pour 2026 avec les variantes S2a, S2a-0, S2bis (source : GSM – Octobre 2021)



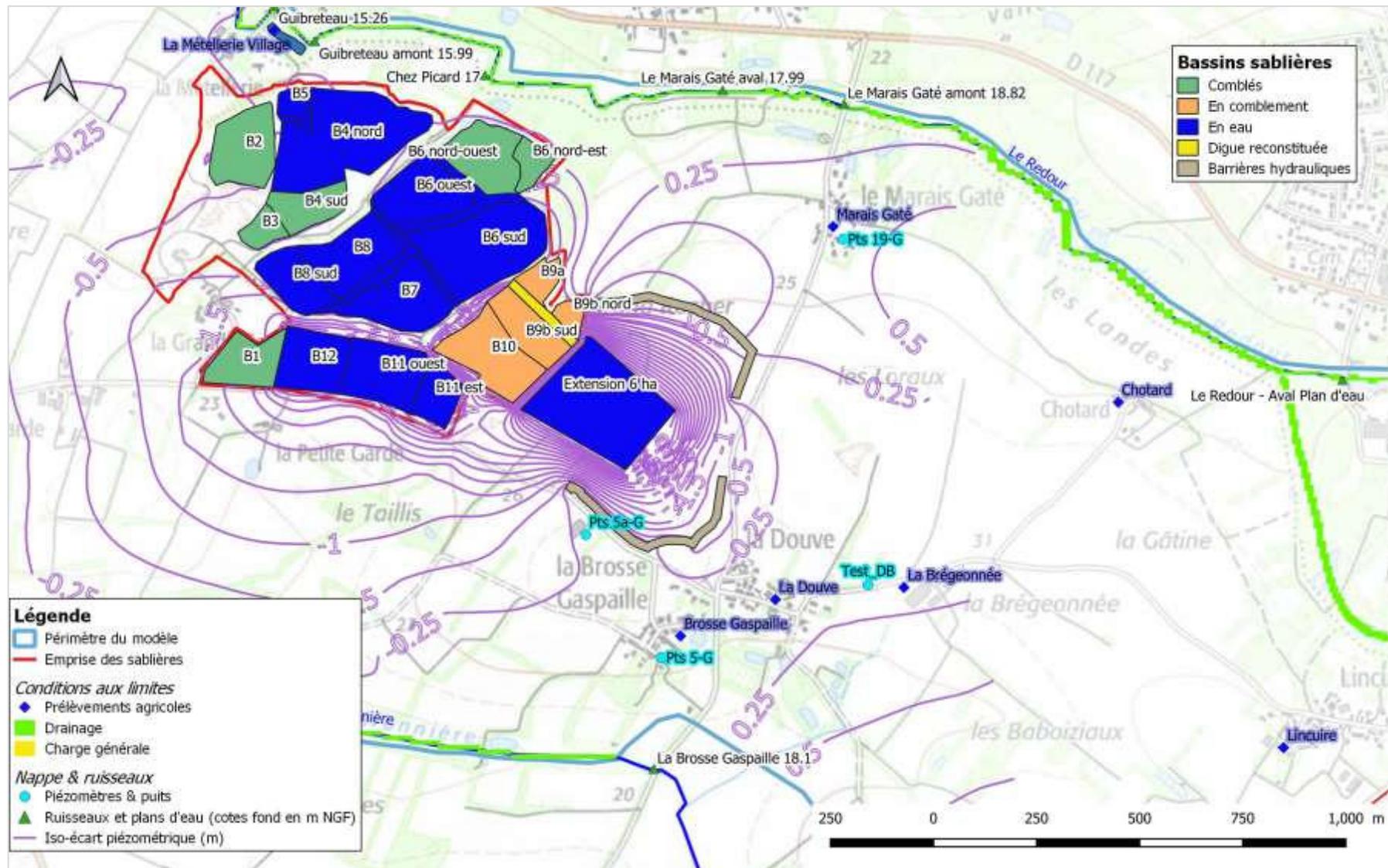
Cartographie de la piézométrie simulée 2026 de la variante S2a (extensions GSM et LG considérés)



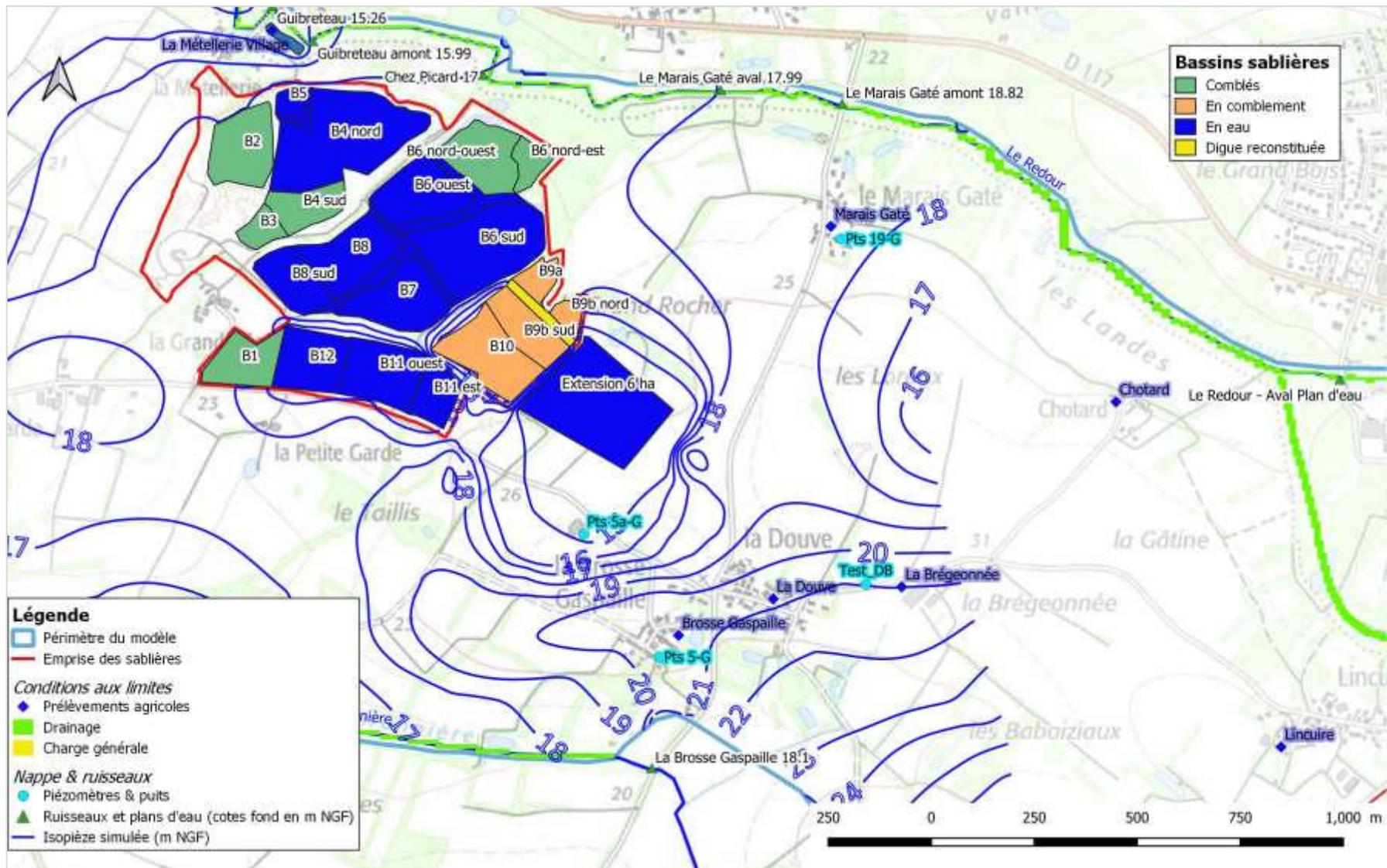
Ecart entre la piézométrie simulée 2026 de la variante S2a (extensions GSM et LG considérés) et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003



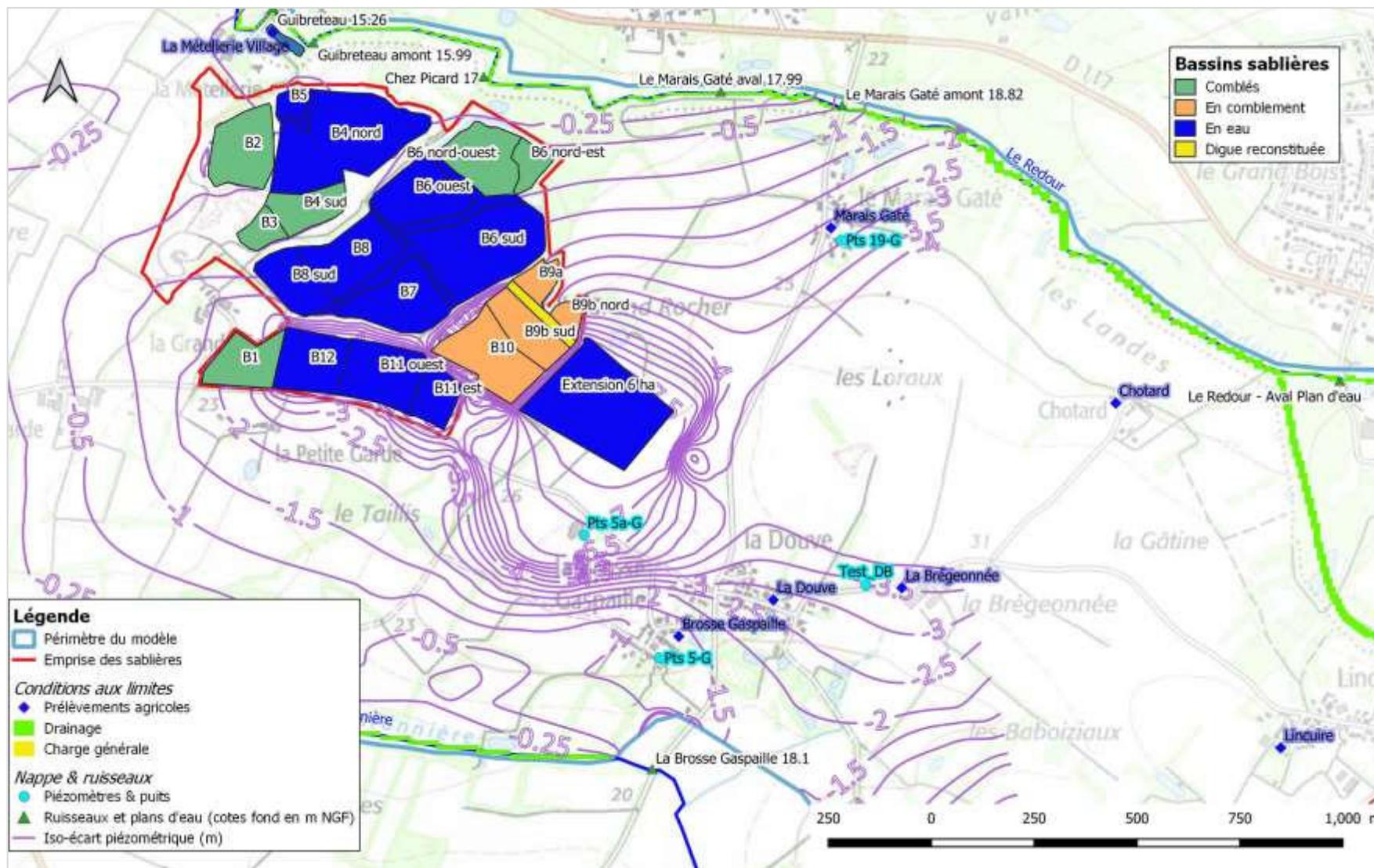
Cartographie de la piézométrie simulée 2026 de la variante S2a-0 (extension GSM considérée, extension LG non active)



Ecart entre la piézométrie simulée 2026 de la variante S2a-0 (extension GSM considérée, extension LG non active) et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003



Cartographie de la piézométrie simulée 2026 de la variante S2b (extension GSM sans barrière hydraulique, extension LG)



Ecart entre la piézométrie simulée 2026 de la variante S2b (extension GSM sans barrière hydraulique, extension LG) et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003

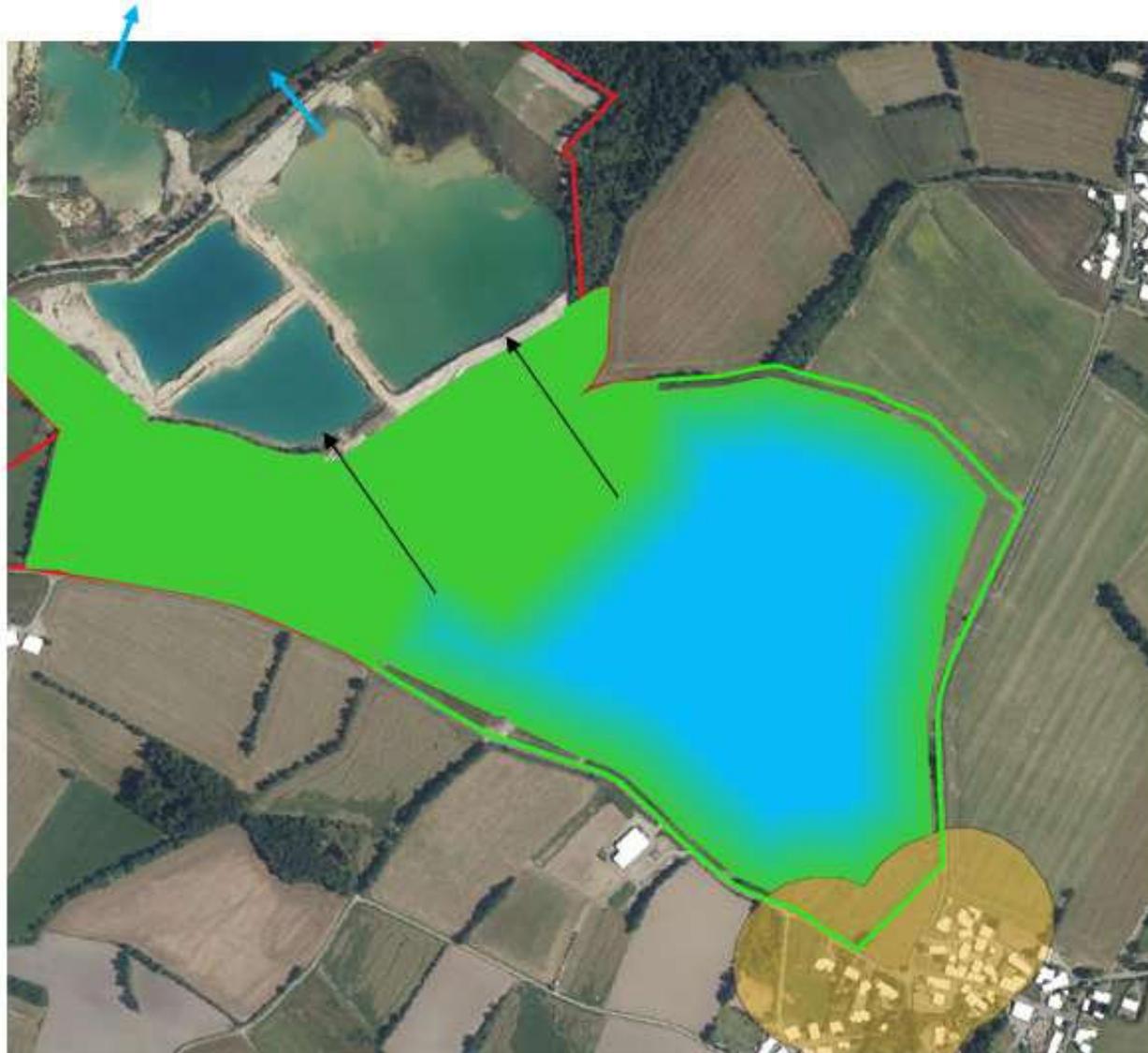
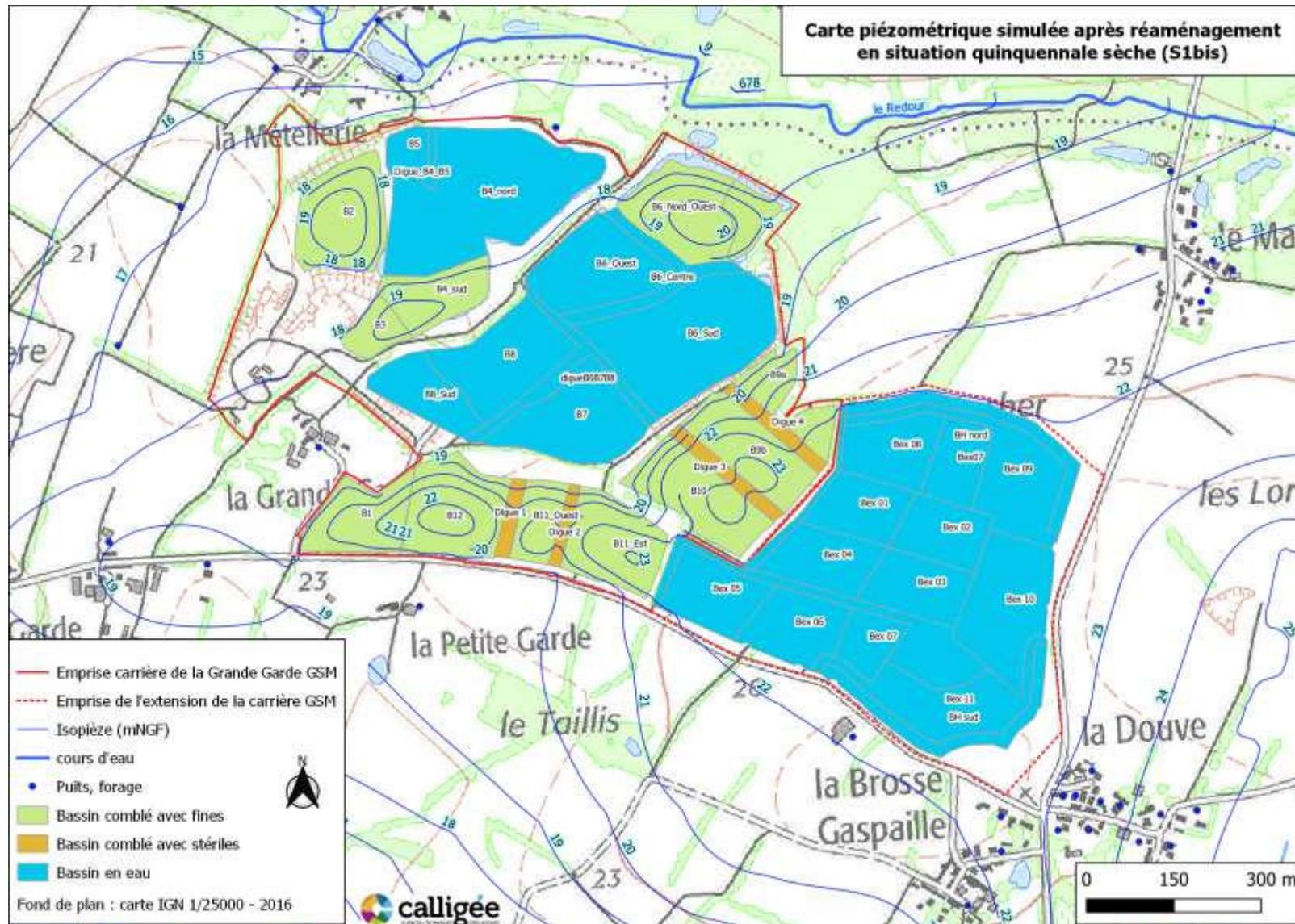
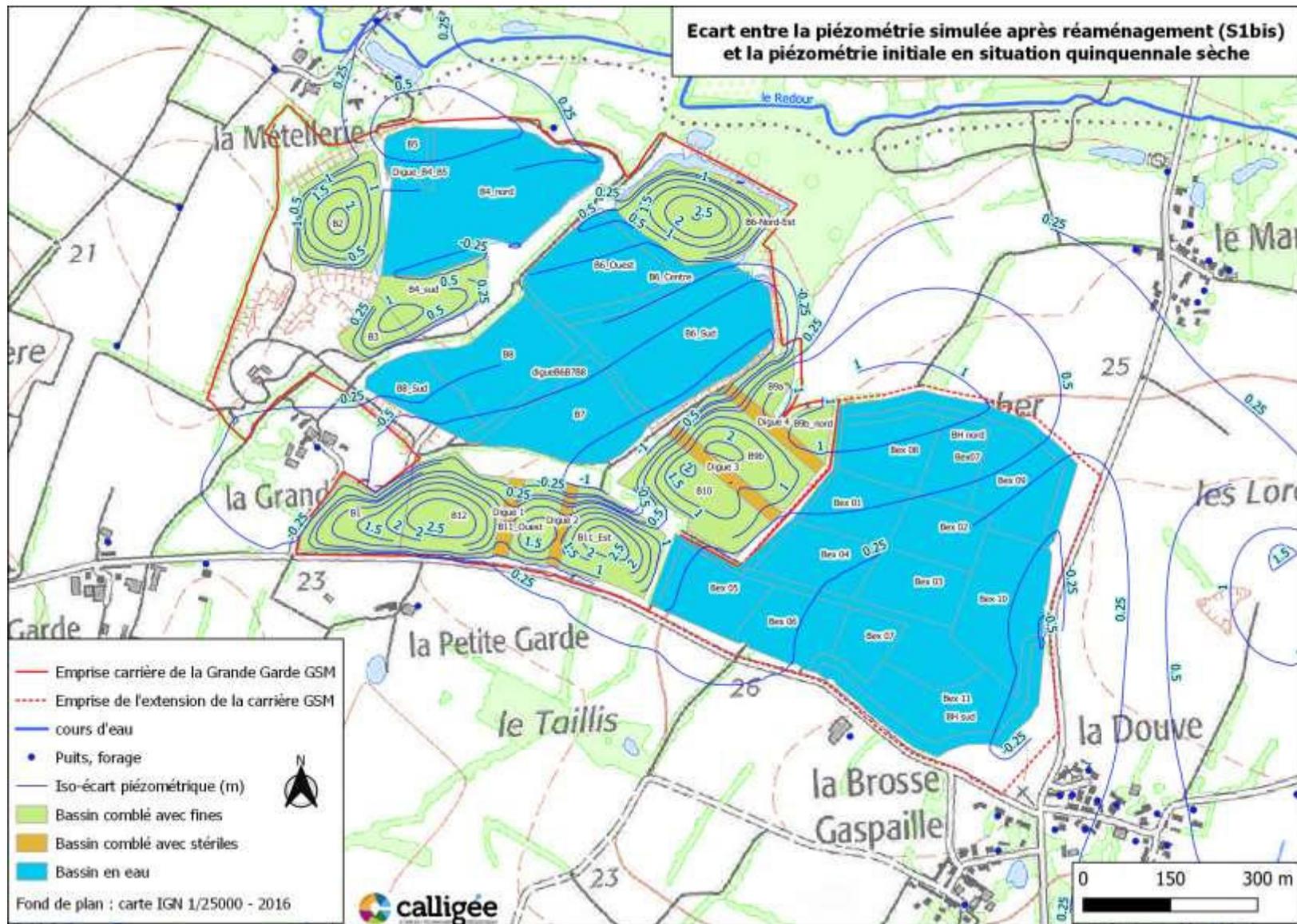


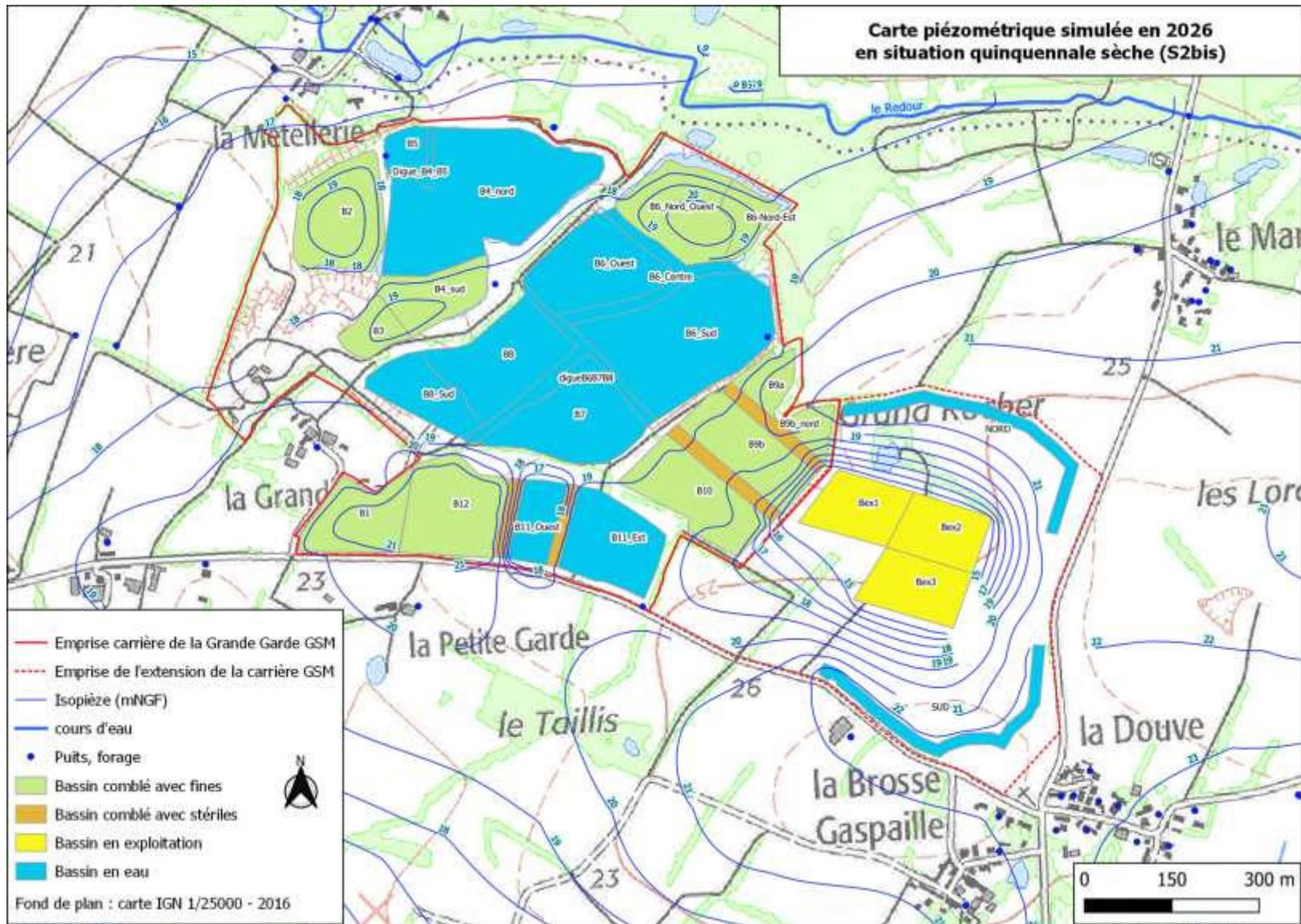
Schéma de principe de réaménagement de l'extension du site GSM de la Grande Garde (source : GSM – novembre 2021)



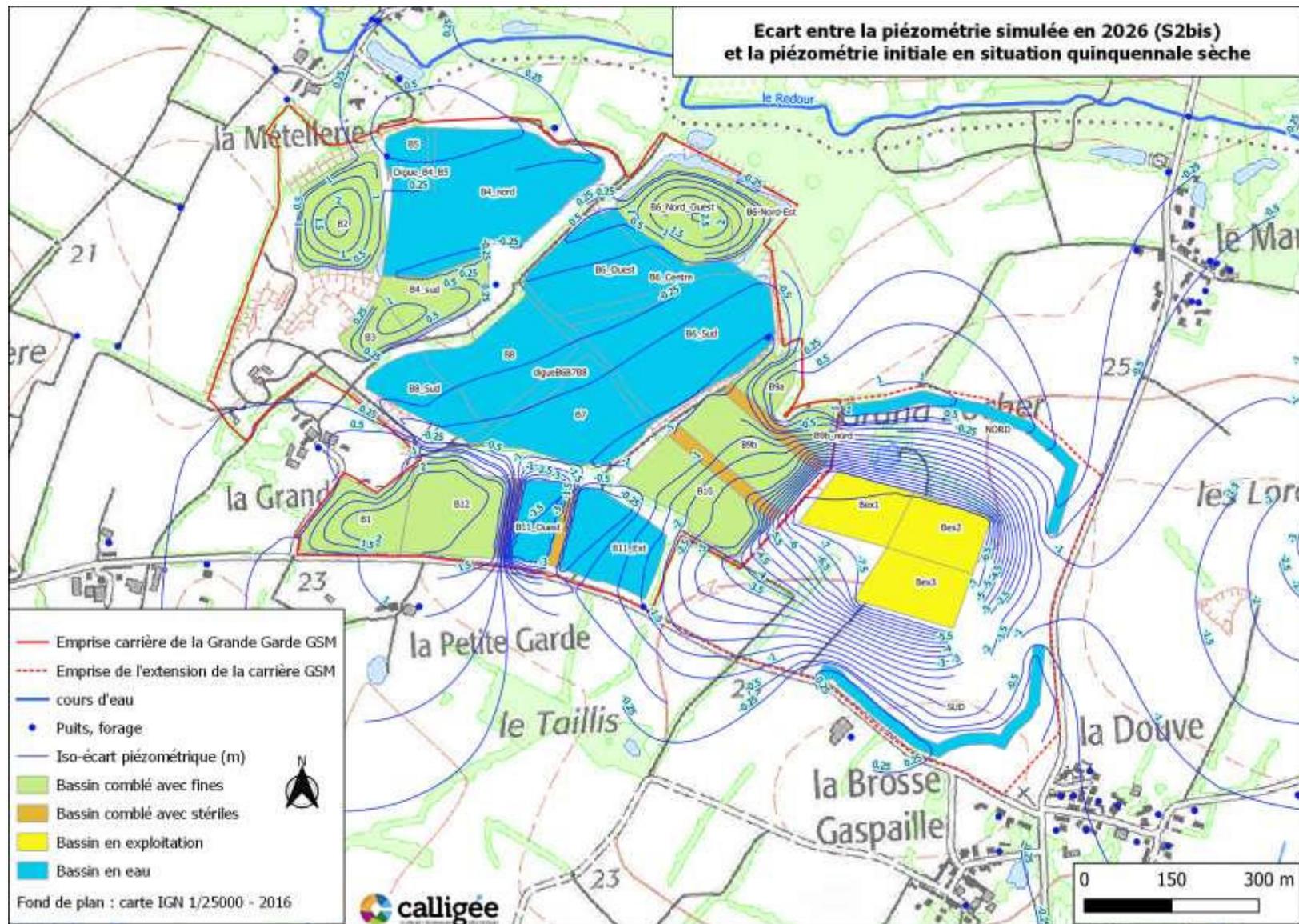
Cartographie de la piézométrie simulée S1bis – site réaménagé



Ecart entre la piézométrie simulée S1bis – site réaménagé - et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003



Cartographie de la piézométrie simulée 2026 de la variante S2bis



Ecart entre la piézométrie simulée 2026 de la variante S2bis et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003

Simulation 3 – Proche marais Gâté- Phase 9 - 2032

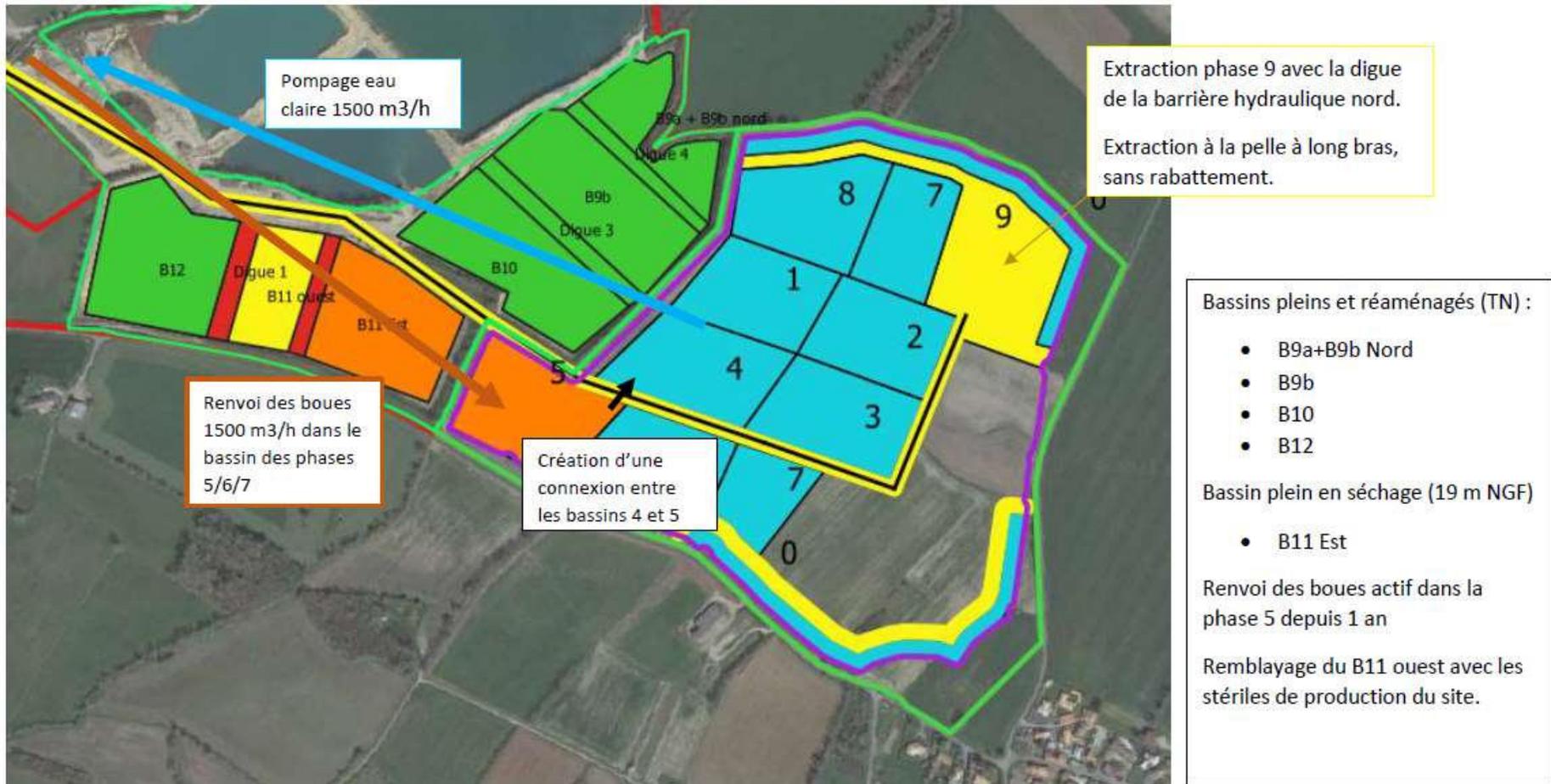
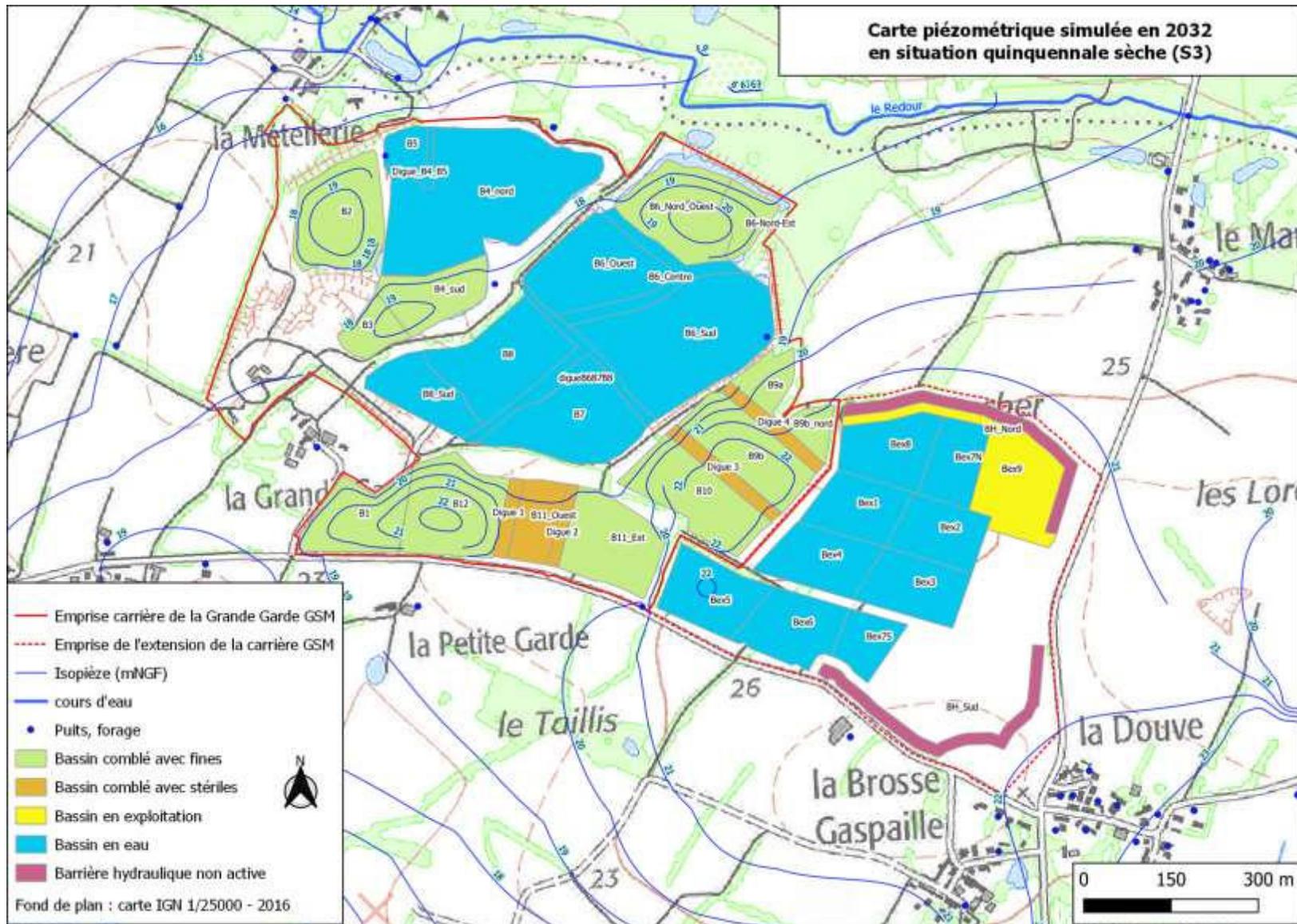
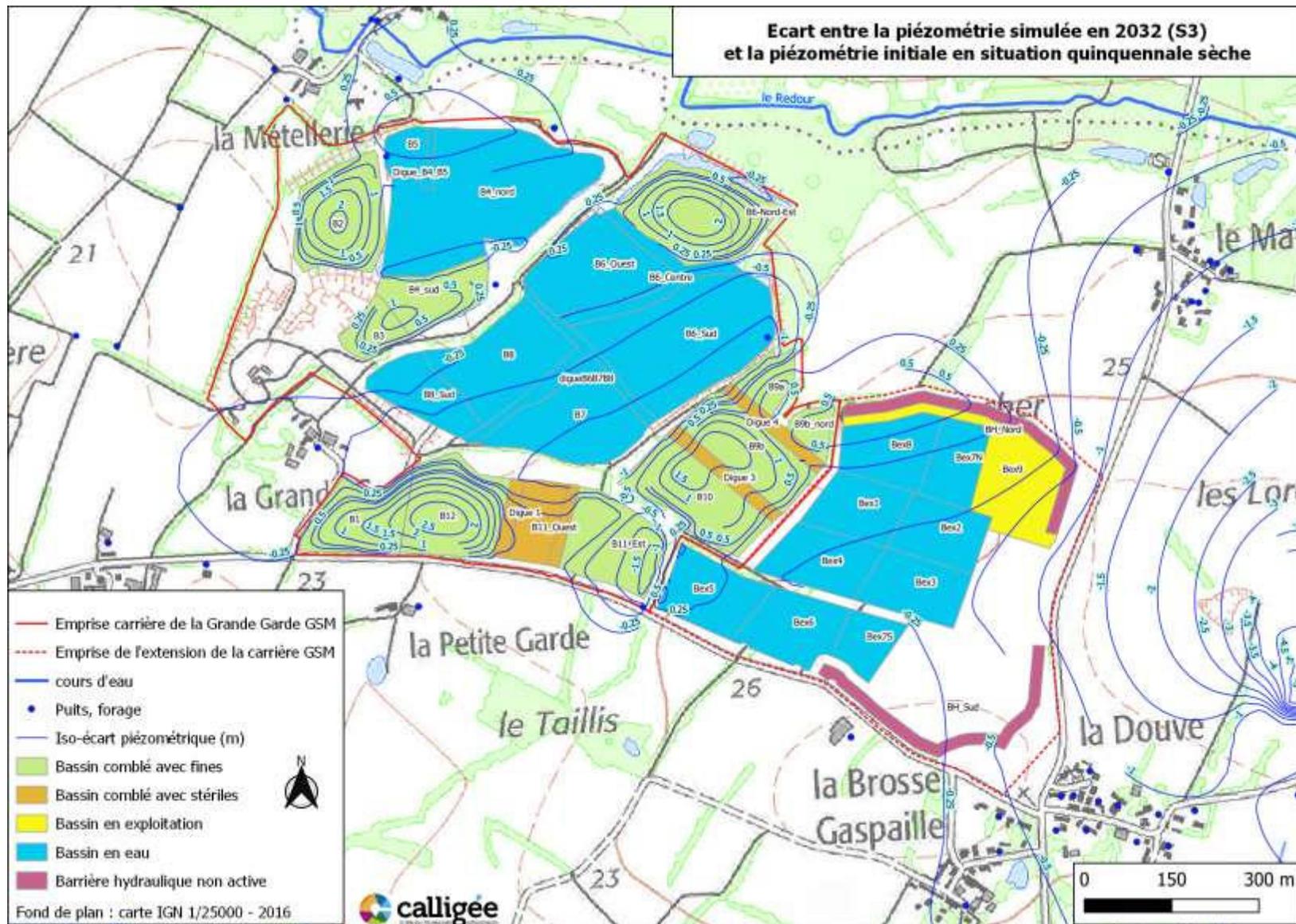


Schéma de principe de l'exploitation de l'extension du site de GSM en 2032 (source : GSM – novembre 2021)



Cartographie de la piézométrie simulée 2032 (simulation S3)



Ecart entre la piézométrie simulée 2032 (simulation S3) et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003

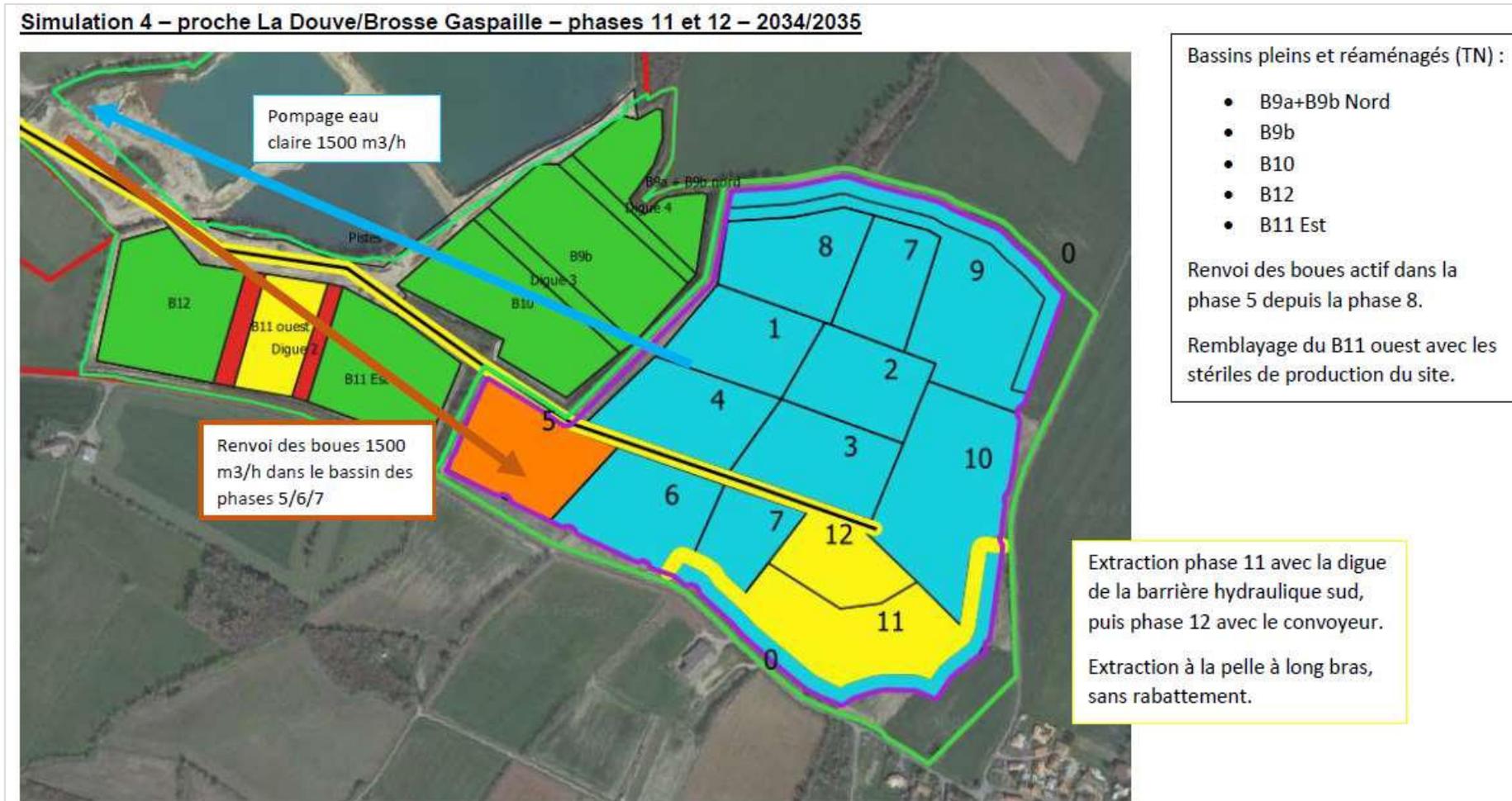
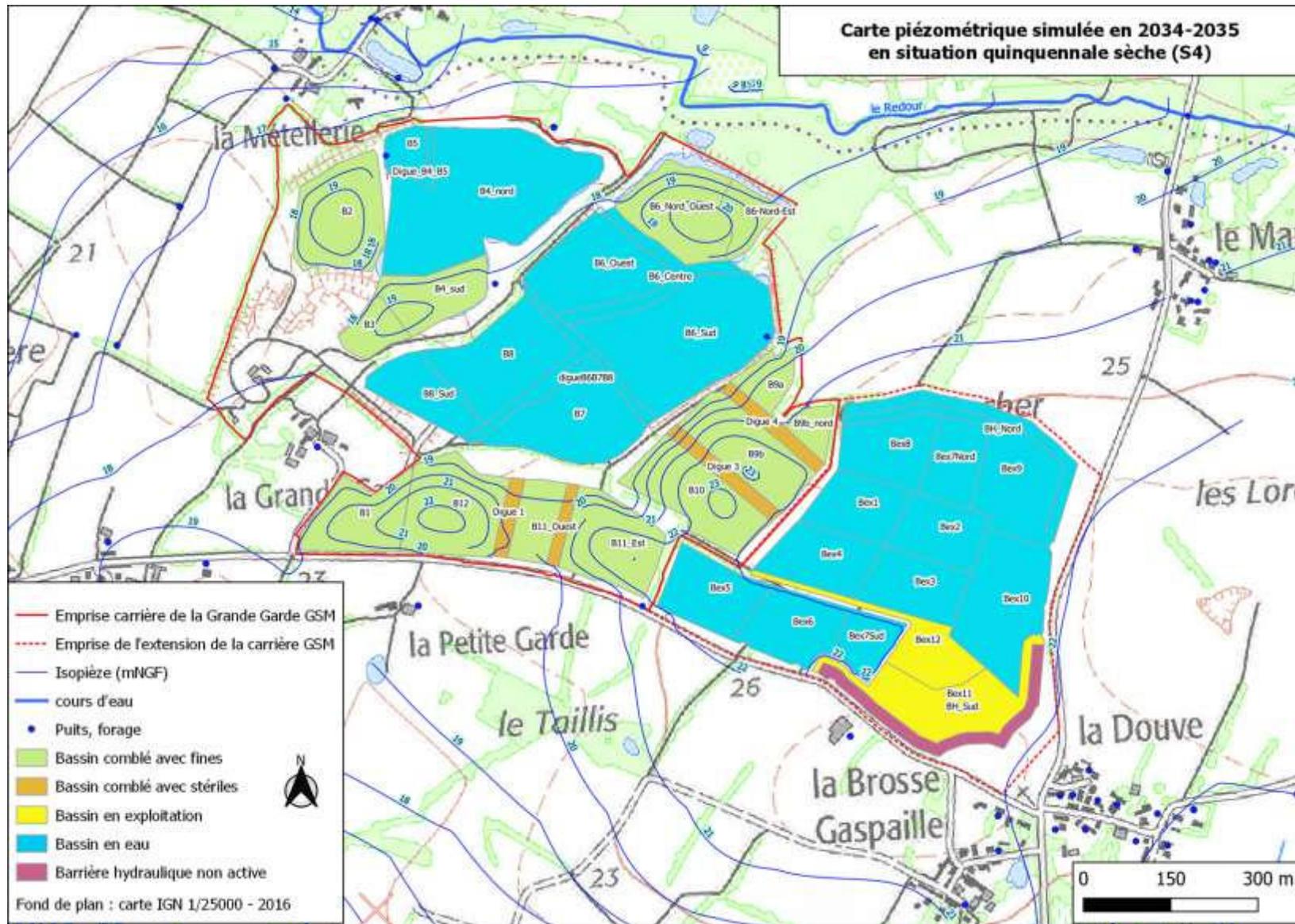
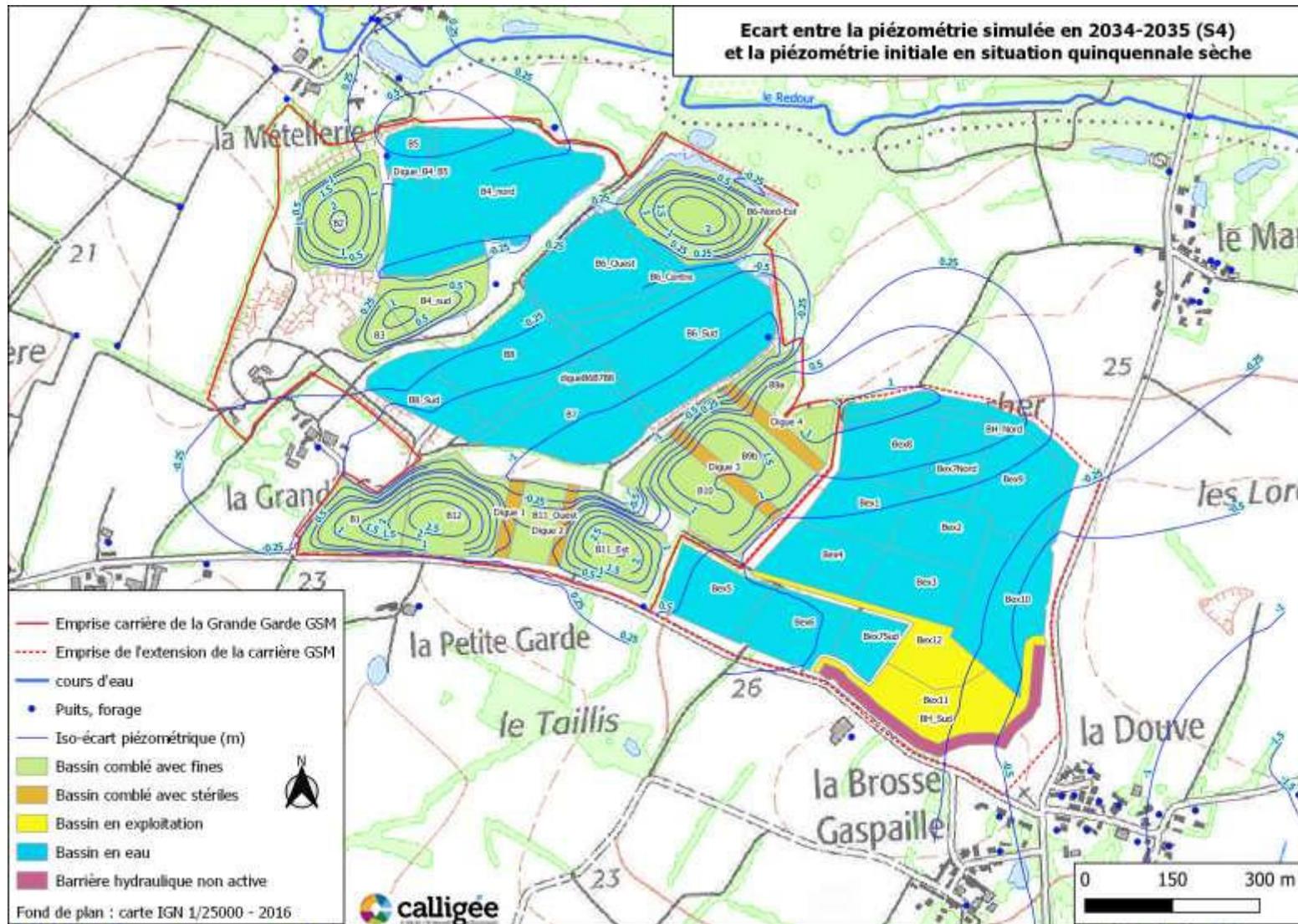


Schéma de principe de l'exploitation de l'extension du site de GSM en 2034-2035 (source : GSM – novembre 2021)



Cartographie de la piézométrie simulée 2034-2035 (simulation S4)



Ecart entre la piézométrie simulée 2034-2035 (simulation S4) et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003

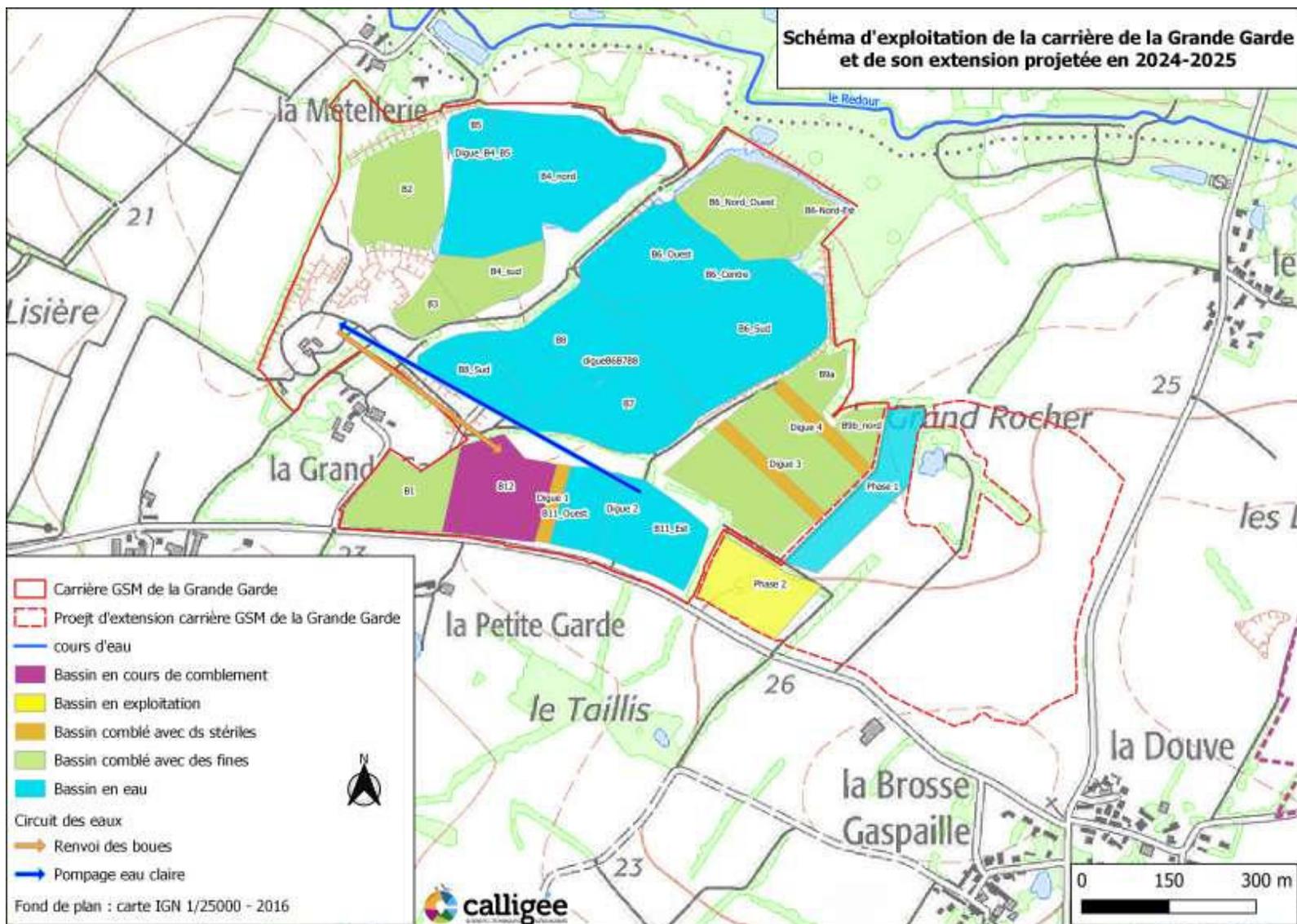
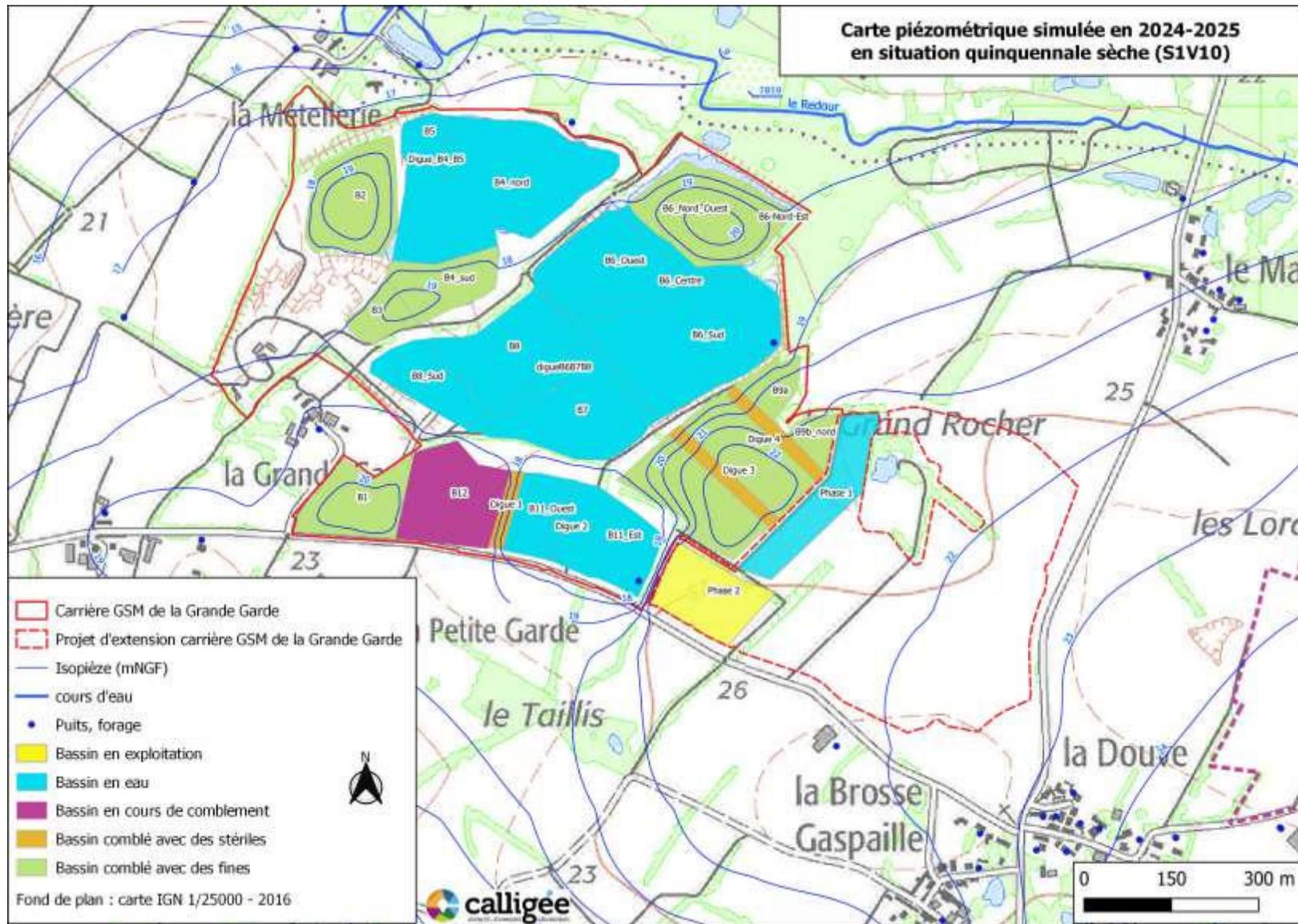
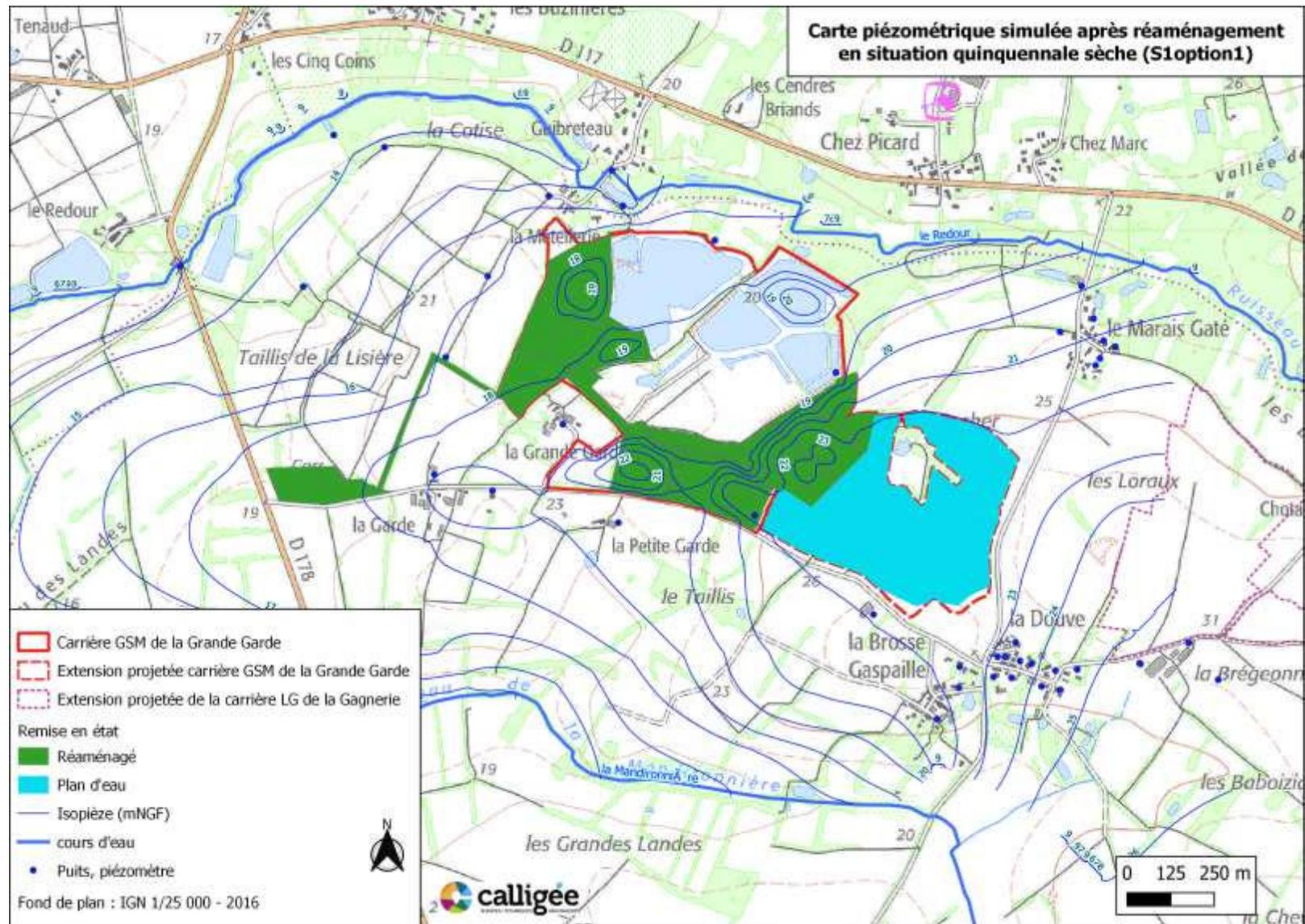


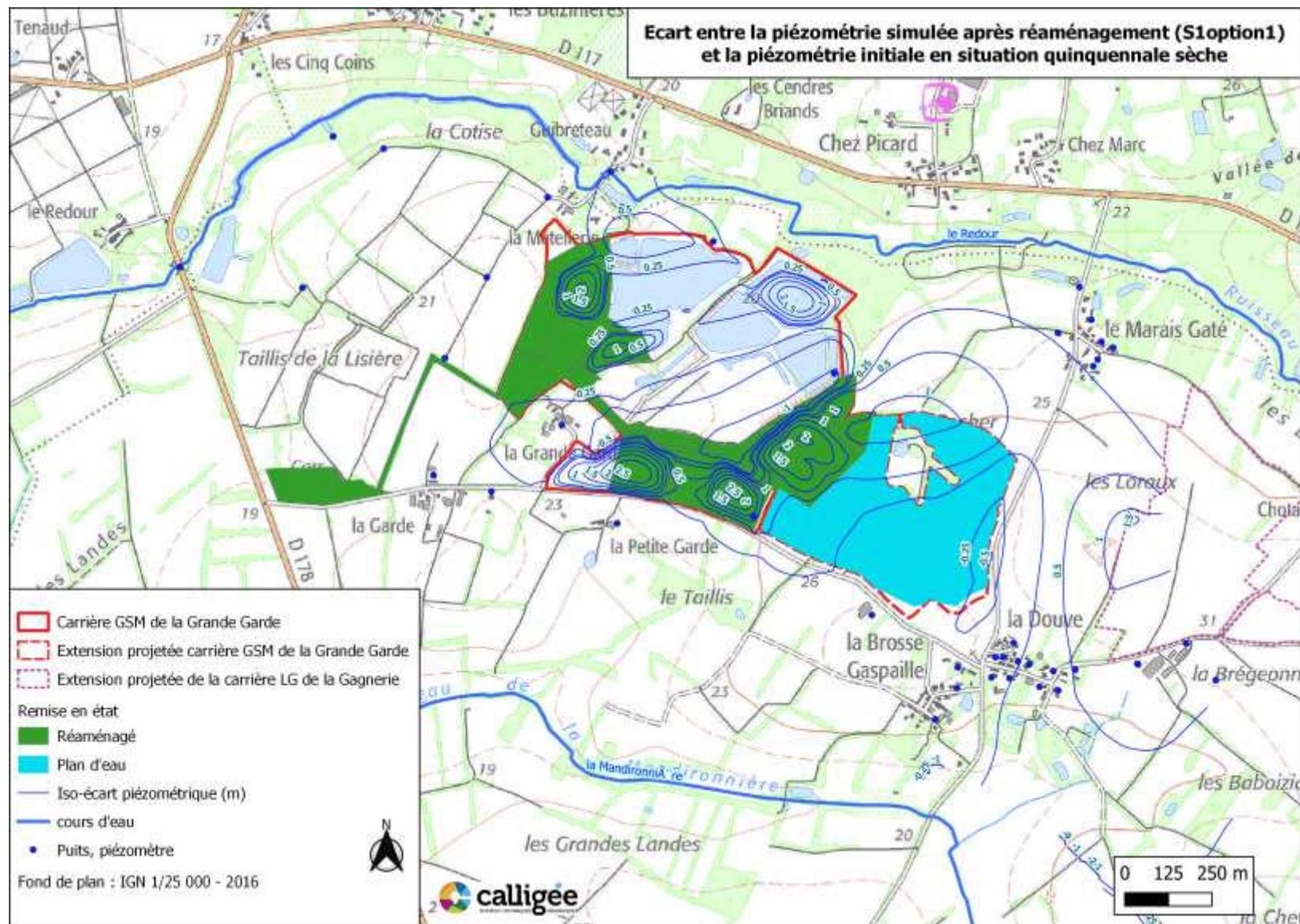
Schéma de principe de l'exploitation de l'extension du site de GSM en 2024-2025 (d'après GSM – printemps 2022)



Cartographie de la piézométrie simulée 2024-2025 (simulation S1V10)



Cartographie de la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement (simulation S1option1)



Ecart entre la piézométrie simulée du site réaménagé (simulation S1 option1) et la piézométrie de la situation initiale simulée 2003

ANNEXE 4 : NOTE N°9 DE LA DOCTRINE REGIONALE EAU & CARRIERES DU CENTRE VAL DE LOIRE : COMPTABILISATION DES PERTES PAR EVAPORATION

Note n°9 :

Comptabilisation des pertes par évaporation

1) Enjeux environnementaux et objet de la note

Une carrière s'implantant sur une surface végétalisée et réaménagée en plan d'eau au terme de son exploitation modifie les mécanismes d'échange d'eau entre les 3 réservoirs que constituent l'atmosphère, le sol et le sous-sol. **Les plans d'eau ont tendance à favoriser les échanges au bénéfice de l'atmosphère, et à réduire les échanges au bénéfice du sous-sol (nappes).**

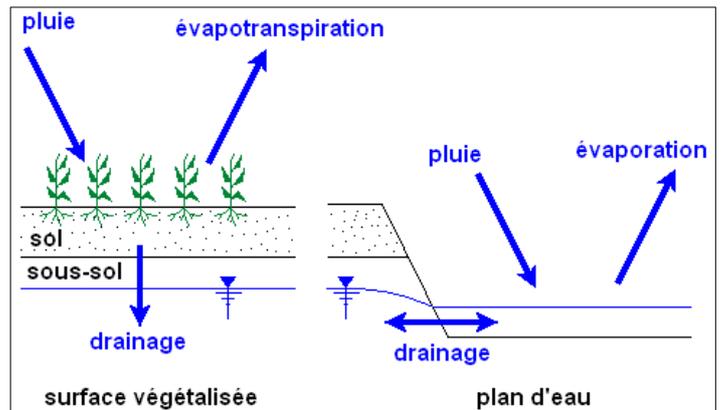
→ L'objectif de cette note est de proposer une méthode pour quantifier, dans le cadre de l'étude d'impact préalable à un projet de carrière en eau, le manque à gagner pour la nappe lié à l'évaporation.

Remarque importante : les pertes par évaporation ne sont pas considérées comme des « prélèvements » au sens de la loi sur l'eau. De fait, les plans d'eau résultant des exploitations de carrière ne sont pas soumis à autorisation au titre des rubriques 1.1.2.0 à 1.3.1.0 de la nomenclature loi eau.

2) Méthode d'estimation proposée

Il s'agit de comparer, en ordre de grandeur :

- le bilan des entrées/sorties, du point de vue de la nappe phréatique, au niveau d'une **surface végétalisée** ;
- le bilan des entrées/sorties, du point de vue de la nappe phréatique, au niveau d'un **plan d'eau en connexion avec cette nappe**.



3) Bilan hydrique, du point de vue de la nappe, au niveau d'une surface végétalisée

Au niveau d'une surface végétalisée, les échanges d'eau avec la nappe ont lieu lors des **pluies dites « efficaces »**. Très schématiquement, le mécanisme de transfert de l'eau entre le sol et le sous-sol est le suivant¹⁷ :

- Dans un premier temps, les pluies efficaces reconstituent les réserves en eau du sol. Dans le cas général, l'eau contenue dans le sol est mobilisable par le couvert végétal (on parle de « réserve utile » du sol). Ainsi, pour être « efficace » et reconstituer les réserves en eau du sol, la pluie doit être supérieure à l'évapotranspiration potentielle¹⁸ du couvert végétal ;
- Une fois les réserves en eau du sol reconstituées (sol saturé en eau), les pluies supplémentaires créent une percolation d'eau du sol vers le sous-sol, et alimentent ainsi la nappe phréatique. La quantité d'eau drainée par la nappe est appelée « **infiltration efficace** ».

¹⁷ Hors cas particuliers tels que les zones humides et les terrains présentant des exurgences naturelles, les terrains imperméabilisés et les terrains présentant un fort coefficient de ruissellement.

¹⁸ Quantité d'eau évapo-transpirée par une plante qui n'est pas limitée par la ressource en eau.

Ainsi, **sur l'année, une surface végétalisée alimente la nappe**. Cet apport correspond au cumul annuel des infiltrations efficaces. En région Centre-Val de Loire, les cumuls d'infiltration efficace sont calculés par Météo-France¹⁹, au niveau des 6 stations météorologiques de référence :

Infiltration efficace – Données Météo-France – Moyennes 2010-2018 (8 années hydrologiques ²⁰)						
Station	Bourges	Chartres	Châteauroux	Tours	Blois	Orléans
Cumul annuel moyen en mm	181	150	178	131	141	131

En région Centre-Val de Loire, le cumul moyen des infiltrations efficaces est d'environ 152 mm par an.

4) Bilan hydrique, du point de vue de la nappe, au niveau d'un plan d'eau

Au niveau d'un plan d'eau déconnecté du réseau hydrographique superficiel (cas de la totalité des carrières exploitées en eau, en application de l'arrêté ministériel du 22/09/1994 modifié) :

- les entrées correspondent aux apports pluviométriques sur la surface de plan d'eau²¹ ;
- les sorties correspondent aux pertes par évaporation.

Ces apports et ces pertes induisent des variations du niveau d'eau du plan d'eau.

Lorsque le plan d'eau est connecté avec la nappe phréatique (cas de la quasi-totalité des carrières exploitées en eau), le niveau d'eau du plan d'eau est imposé par la nappe. Autrement dit, la nappe « compense » les variations du niveau d'eau du plan d'eau, de manière à rétablir l'équilibre hydrostatique du système plan d'eau – nappe. Ainsi :

- **la nappe « absorbe » les excédents d'eau**, lorsque les apports pluviométriques sont supérieurs aux pertes par évaporation ;
- **la nappe « compense » les déficits en eau**, lorsque les pertes par évaporation sont supérieures aux apports pluviométriques.

Ainsi, les échanges d'eau entre le plan d'eau et la nappe correspondent à la quantité **Pluie – Évaporation**. Lorsque cette quantité est positive (Pluie > Évaporation), le plan d'eau alimente la nappe, et lorsqu'elle est négative (Pluie < Évaporation), le plan d'eau consomme l'eau de la nappe. En région Centre-Val de Loire, la pluviométrie est mesurée et l'évaporation²² est calculée par Météo-France, au niveau des 6 stations météorologiques de référence :

Pluie et évaporation – Données Météo-France – Moyennes 2010-2018 (8 années hydrologiques)						
Station	Bourges	Chartres	Châteauroux	Tours	Blois	Orléans
Pluie : cumul annuel moyen en mm	693	652	708	647	656	661
Évaporation ²³ : cumul annuel moyen en mm	859	798	852	865	843	837
Pluie - Évaporation	-166	-146	-144	-218	-187	-176

Ainsi, **sur l'année, le plan d'eau consomme l'eau de la nappe**. Le déficit ressenti par la nappe est de l'ordre de 173 mm par an en moyenne en région Centre-Val de Loire.

¹⁹ Modèle simplifié dit « à double réservoir » : RU = 100 mm, RFU = 40 mm ; couvert végétal de type « prairie » (coefficient cultural k = 1 toute l'année).

²⁰ Du 1/09 de l'année n au 1/09 de l'année n+1.

²¹ En négligeant les apports par ruissellement au niveau des berges du plan d'eau. Le phénomène de rosée (condensation à la surface du plan d'eau), contribution positive impliquant des volumes extrêmement faibles, est également négligé.

²² L'évaporation peut être assimilée à l'ETP.

²³ En l'absence d'assec.

5) Comparaison du bilan hydrique d'une surface végétalisée avec celui d'un plan d'eau

La comparaison des résultats précédents permet d'estimer l'impact quantitatif, du point de vue de la nappe phréatique, lié à la création d'un plan d'eau en connexion avec cette nappe (cas des carrières en eau).

Infiltration efficace – Données Météo-France – Moyennes 2010-2018 (8 années hydrologiques)						
Station	Bourges	Chartres	Châteauroux	Tours	Blois	Orléans
Bilan d'une surface végétalisée (mm/an)	181	150	178	131	141	131
Bilan d'un plan d'eau (mm/an)	-166	-146	-144	-218	-187	-176
Impact de la création de plan d'eau (mm/an)	-347	-296	-322	-349	-328	-307

Ainsi, en région Centre-Val de Loire, la création d'un plan d'eau en connexion avec la nappe phréatique (cas des carrières) induit un impact quantitatif net, du point de vue de la nappe, de 325 mm par an en moyenne. Cela représente un **déficit annuel d'environ 3 200 m³/an/ha**.

6) Calcul de l'impact pour un plan d'eau de carrière

À défaut d'analyse plus approfondie, l'impact d'un projet de carrière en eau devra être estimé en multipliant la surface de plan d'eau projetée par le ratio régional calculé ci-avant :

$$\text{Déficit (en m}^3\text{/an)} = 3\,200 \times S_{\text{plan d'eau}} \text{ (en ha)}$$

En tant que de besoin, le pétitionnaire pourra réaliser des analyses plus approfondies, tenant compte des spécificités du site d'implantation. Notamment, lorsque le plan d'eau de carrière projeté remplace des cultures irriguées, la consommation d'eau liée à l'irrigation des surfaces concernées, supprimée en cas de réalisation du projet de carrière, pourra être déduite de l'impact quantitatif du projet de carrière sur les ressources en eau.

DOCTRINE RÉGIONALE :

→ L'impact quantitatif des projets de carrières en eau sur la nappe concernée doit être évalué dans le cadre des études d'impacts.

À défaut d'une estimation plus précise réalisée par le pétitionnaire, le déficit annuel par hectare occasionné par la création d'un plan d'eau de carrière en région Centre-Val de Loire pourra être évalué en appliquant le ratio moyen suivant :

$$\Delta_{\text{nappe}} = 3\,200 \text{ m}^3\text{/an/ha.}$$

$$\text{On a ainsi : Déficit (en m}^3\text{/an)} = 3\,200 \times S_{\text{plan d'eau}} \text{ (en ha)}$$

Dans le cas de carrières en nappe alluviale, ces pertes (voire les pertes cumulées si d'autres plans d'eau de carrières sont présents à proximité) **doivent être calculées en période estivale**²⁴ (1/04 au 31/10), **et mises en relation avec le QMNA₅ du cours d'eau concerné.**

²⁴ La doctrine fournit un ratio moyen annuel (3 200 m³/an/ha). Ce ratio est plus élevé en période estivale, et moins élevé en période hivernale.



calligée
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

-  géologie & géophysique
 -  hydrogéologie
 -  eaux superficielles & eaux usées
 -  sites et sols pollués
 -  géomatique & cartographie
-

Complément à l'étude hydrogéologique préalable à l'extension d'une carrière

Carrière de la Grande Garde

GSM

SAINT-COLOMBAN (44)

RAPPORT N21-44061H



Agence de Nantes - siège social
Parc de la Rivière | Bât. A | 8 boulevard Albert Einstein | CS 82118
44321 NANTES CEDEX 3
+33 (0)2 40 14 33 71 | nantes@calligee.fr



Agence de Toulouse
Le Prologue 2 | 71 rue Ampère
31670 LABÈGE
+33 (0)5 62 24 36 97 | toulouse@calligee.fr

CLIENT

GSM Pays de la Loire
3 rue Charron
CS 90412
44804 SAINT-HERBLAIN Cedex

Interlocuteur : Maxime ROSS CARRE

REFERENCES

N° affaire :	N21-44061H	Nombre de pages :	50
Rubrique :	Carrière - HYDRO	Nombre de figures hors texte :	0
Agence :	Nantes	Nombre d'annexes :	0

VERSIONS ET VISAS

N° version	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Intitulé des révisions	Date d'application
V0	Marc-Antoine PILLET	<i>RAP</i>	Aurélié RICAUD	<i>AR</i>	Version initiale	27 février 2024
V1	Marc-Antoine PILLET	<i>RAP</i>			Intégration des impacts sur le débit du Redour	13 mars 2024
V2	Marc-Antoine PILLET	<i>RAP</i>			Précisions sur les incidences des cours d'eau	13 mars 2024

Sommaire

1 INTRODUCTION	6
2 MODELISATION	7
2.1 - Conditions générales prises en compte.....	7
2.2 - Simulations réalisées pour le choix du projet	8
2.3 - Simulation du projet final	11
2.3.1 - Site en exploitation au plus proche du hameau de la Petite Garde – 2024-2025	11
2.3.2 - Site en exploitation au plus proche du hameau du marais Gâté – 2034.....	16
2.3.3 - Site en exploitation au plus proche du hameau de la Brosse Gaspaille – 2035 ...	21
2.3.4 - Site réaménagé (2041).....	26
2.4 - Simulation sans projet d'extension.....	31
2.4.1 - Conditions de remises en état.....	31
2.4.2 - Résultats de la simulation de remise en état	31
3 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET	35
3.1 - Incidences quantitatives sur la ressource en eau	35
3.1.1 - Incidences sur la ressource souterraine	35
3.1.2 - Incidences sur les ouvrages voisins.....	38
3.1.3 - Incidences sur les eaux superficielles	43
3.2 - Incidences qualitatives.....	47
3.2.1 - Incidences sur les eaux superficielles	47
3.2.2 - Incidences sur les eaux souterraines	48
3.3 - Incidences sur les zones humides	48
4 CONCLUSION	49

Table des illustrations

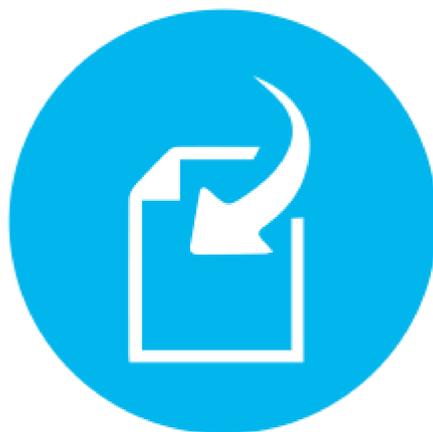
LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Simulations itératives et principaux résultats	9
Tableau 2 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S1bV10G ...	12
Tableau 3 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S2bV10GSL	17
Tableau 4 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S3bV10GSL	22
Tableau 5 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S4b2V10GSL	27
Tableau 6 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S4V10SGSL	31
Tableau 7 : Evaluation du déficit de recharge au droit des plans d'eau en comparaison aux terrains actuels	37
Tableau 8 : Synthèse des écarts piézométriques simulées aux points de référence entre les différentes phases d'exploitation et la période de référence 2003	40
Tableau 9 : Estimation des hauteurs d'eau résiduelles en basses eaux avec le projet au droit des puits du Maris Gâté, de la Douve et de la Brosse Gaspaille	42
Tableau 10 : Evaluation des variations de débits apportés par la nappe au cours d'eau entre les différentes situations.....	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de principe de l'exploitation en 2024-2025.....	13
Figure 2 : Cartographie de la piézométrie simulée pour la période 2024-2025 (S1bV10G)	14
Figure 3 : Ecart entre la piézométrie simulée en 2024-2025 (S1bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche.....	15
Figure 4 : Schéma de principe de l'exploitation en 2034	18
Figure 5 : Cartographie de la piézométrie simulée pour la période 2034 (S2bV10GSL)	19
Figure 6 : Ecart entre la piézométrie simulée en 2034 (S2bV10GSL) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche.....	20
Figure 7 : Schéma de principe de l'exploitation en 2035	23
Figure 8 : Cartographie de la piézométrie simulée pour la période 2035 (S3bV10GSL)	24
Figure 9 : Ecart entre la piézométrie simulée en 2034 (S3bV10GSL) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche.....	25
Figure 10 : Schéma de principe du réaménagement du site en 2041.....	28
Figure 11 : Cartographie de la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement de la carrière de la Grande Garde et de son extension (S4b2V10GSL).....	29
Figure 12 : Ecart entre la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement (S4b2V10GSL) et la piézométrie initiale simulée en année quinquennale sèche.....	30
Figure 13 : Plan de réaménagement projeté du site actuel de la Grande Garde (source : GSM).....	32
Figure 14 : Cartographie de la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement de la carrière de la Grande Garde (S4V10SGSL).....	33
Figure 15 : Ecart entre la piézométrie simulée à l'issue du réaménagement (S4V10SGSL) et la piézométrie initiale simulée en année quinquennale sèche.....	34
Figure 16 : Principe hydrogéologique schématique de la création d'un plan d'eau en domaine sédimentaire.....	39
Figure 17 : Principe hydrogéologique schématique du comblement d'une excavation en domaine sédimentaire.....	39

Figure 18 : Evaluation de la baisse des débits en fonction des projets.....	45
Figure 19 : Carte du bassin versant et de la part intégrée au modèle hydrogéologique	46
Figure 20 : Principes de remise en état du site (source : GSM)	47



1 Introduction

La société GSM exploite une sablière sur le site de la Grande Garde à Saint-Colomban (44) depuis 2002. La fin de l'exploitation du gisement accessible est programmée pour 2023-2024.

Pour répondre aux besoins du territoire, GSM souhaite étendre cette sablière dans son prolongement vers l'Est.

Dans ce cadre, GSM a missionné CALLIGEE pour une étude hydrogéologique (N21-44061G-V9), laquelle a été intégrée dans une étude d'impact présentée aux différents services administratifs en 2023. Cette étude présentait notamment les incidences cumulées du projet d'extension de sablière de GSM et du projet d'extension de la sablière Lafarge Granulats (LG) de la Gagnerie.

En début d'année 2024, LG a abandonné son projet d'extension, impliquant à GSM de ré-évaluer les incidences de leur seul projet. Pour cela, CALLIGEE a refait des simulations hydrogéologiques. Ce rapport (N21-44061H-V1) présente uniquement une mise à jour du chapitre 9.5 (résultats des simulations) et du chapitre 10 (évaluation des incidences du projet) du rapport N21-44061G-V9.



2 Modélisation

Plusieurs simulations ont été menées avec des conditions générales communes (2.1 -).

La synthèse des résultats et des conclusions des simulations réalisées de façon itérative, nécessaires au choix du projet final, sont présentées en chapitre 2.2 - .

Il s'en suit les 4 simulations portant sur le projet final ne prenant pas en compte l'ancien projet d'extension de LG (2.3 - à 2.1.6 -). Par contre, la sablière actuelle de LG est toujours prise en compte dans les simulations représentées ici, dans son état final réaménagé, conformément à son autorisation en vigueur.

Suite aux premiers avis des administrations sur le dossier en début d'année 2023, GSM a très légèrement revu son projet en réduisant la surface d'exploitation de 22,3 ha à 22 ha.

Les simulations finales et les illustrations associées ont été réalisées avec la nouvelle surface d'exploitation projet de 22 ha.

Afin d'évaluer plus précisément l'éventuelle incidence du projet d'extension de la sablière de la Grande Garde sur le débit des cours d'eau, une simulation a été réalisée en ne considérant que le réaménagement des carrières actuelles de GSM et LG (sur la base des réaménagements actuellement autorisés), sans considérer le projet d'extension de carrière de GSM.

2.1 - CONDITIONS GENERALES PRISES EN COMPTE

- Pluviométrie : Sur la base d'une année quinquennale sèche (quasi similaire à 2017). En 2017, précipitations de 722 mm/an et ETP de 716 mm/an. La recharge théorique est de 193 mm/an. Lors des tests, la recharge a donc été admise à 193 mm/an mais il s'agit d'une valeur maximale. Le calage du modèle avait abouti en effet à un zonage spatial de la recharge. Pour la simulation, ce zonage

est respecté, avec des valeurs imposées au prorata de celles qui avaient été trouvées lors du calage. Au droit des bassins en eau (maraîchers et sablières), il est admis (conformément à la doctrine de la DREAL sur la région Centre Val de Loire) que la recharge est équivalente à P-ETP, soit 6mm/an en année quinquennale sèche. Il a volontairement été pris en compte une année sèche de façon à intégrer la notion de changement climatique qui pourrait se traduire par des étages plus marqués.

- Prélèvements = petits prélèvements dans les hameaux + prélèvements agricoles moyens de la période 2014-2019 + prélèvements GAEC de la Douve à la Bregeonnée, soit environ 173 000 m³/an dont 9 800m³ pour la Bregeonnée
- Conditions de drains (ruisseaux / fossés) inchangées par rapport à celles du calage du modèle. Il s'agit du fond des cours d'eau pour les cotes de drainage.
- Conditions de charge générale à la limite aval du modèle inchangées par rapport à celle du calage du modèle.
- Tous les bassins sont supposés exploités jusqu'au fond, c'est-à-dire jusqu'au substratum
- Perméabilités considérées :
 - 1 m/s pour les bassins en eau,
 - 10⁻⁷ m/s pour les bassins remblayés
 - 10⁻⁶ m/s pour des digues reconstituées à partir de stériles d'exploitation

2.2 - SIMULATIONS REALISEES POUR LE CHOIX DU PROJET

Le tableau ci-après synthétise les différentes simulations s'appuyant sur des principes d'extraction de matériaux jusqu'à la base du gisement avec modulation locale des niveaux de nappe ; et renvoi des eaux vers les barrières hydrauliques périphériques pour essayer de limiter les effets sur les plus proches puits situés dans les hameaux.

Les résultats obtenus par ces simulations et notamment les simulations S3 et S4 ont conduit le carrier à un choix final distinct :

- Abandon de la technique pressentie initialement d'extraction des matériaux avec modulation des niveaux d'eau ;
- Extraction par des engins de type dragueline de façon à ne pas faire de modulation des niveaux de nappe et éviter ainsi les risques d'abaissement de niveaux de nappe sur les puits les plus proches de la carrière ;
- Conservation uniquement des pompages pour le fonctionnement de l'installation, fonctionnant en circuit fermé avec renvoi des boues dans un ancien bassin exploité ;
- Exploitation de la zone à proximité du bassin B11Est de l'exploitation existante dès la Phase 2 pour permettre in-fine des transferts d'eau par surverse entre les bassins d'évacuation des boues et celui de pompage.
- Mise en œuvre de matériaux peu perméables sur une partie de la berge Est de la zone d'extension, à proximité des hameaux de la Douve et de la Brosse Gaspaille, pour limiter les effets induits par le grand plan d'eau créé.

Tableau 1 : Simulations itératives et principaux résultats

Date de réalisation des simulations	N° simul.	Date des projets	Stade du projet	Principaux résultats obtenus
Août 2021	S1	Projets des carrières à l'été 2021	site réaménagé	Dans le secteur de l'extension carrière GSM, le niveau de la nappe augmente sensiblement, sous l'effet des interférences avec les réaménagements à l'amont et surtout du barrage partiel induit par l'alignement des bassins remblayés B9 à B12. Plus au nord-ouest, l'agencement des lacs (B4 / B5 et B6 / B7 / B8) et des zones remblayées n'induit que très peu de perturbations en dehors du périmètre de l'exploitation. Les cotes de surverse des lacs ont probablement un rôle complémentaire dans ce phénomène.
Octobre 2021	S2a	Projets des carrières à l'été 2021	2026 : exploitation avec système de régulation des niveaux d'eau et barrières hydrauliques	Les résultats obtenus par les simulations S2a, S2a-0 et S2b montrent : <ul style="list-style-type: none"> les barrières hydrauliques périphériques au projet d'extension de GSM permettent de palier les effets au Nord-Est, à l'Est et au Sud-Est du site, mais pas au Sud-Ouest (Grande Garde : -1,5m). des gros volumes d'eau transférés depuis la zone d'extraction centrale vers les barrières hydrauliques et l'usine de production, pouvant générer des déséquilibres locaux ; L'exploitation des carrières avec modulation des niveaux d'eau a un fort impact sur les environs dans leur globalité ; Les fortes interférences entre les projets d'extension de carrières de GSM et de LG la nécessité de la prise en compte du projet d'extension de la carrière LG afin de cerner les effets cumulés notamment à la Douve, La Brosse Gaspaille.
Octobre 2021	S2a-0	Projets de GSM de l'été 2021	2026 : exploitation avec système de régulation des niveaux d'eau et barrières hydrauliques Absence d'extension de la carrière LG	
Octobre 2021	S2b	Projets des carrières à l'été 2021	2026 : exploitation sans système de régulation des niveaux d'eau et sans barrières hydrauliques	
Novembre 2021	S1bis	Projets des carrières à l'automne 2021	site réaménagé (idem S1 en dehors de la mise en place de digues constitués de matériaux plus perméables entre B11Est, B11Ouest et B12)	La simulation S1bis du réaménagement des carrières GSM et LG indique une faible incidence (moins de 25cm d'écart de piézométrie) sur les puits et forages captant l'aquifère des sables pliocènes en périphérie de la carrière GSM et de son extension projetée.
Novembre 2021	S2bis	Projets des carrières à l'automne 2021	2026 : exploitation avec système de régulation des niveaux d'eau et barrières hydrauliques	Le plan d'exploitation, avec la présence de barrières hydrauliques au Nord et au Sud, permet une exploitation des bassins Bex1-2-3 avec abaissement du niveau de nappe à 14 mNGF. Les effets en périphérie sont nuls (Marais Gâté) à négligeable (la Douve) sur la piézométrie. La prise en compte du projet d'extension de LG est indispensable car celui-ci a un fort impact sur les environs dans la globalité, notamment au droit du hameau du Marais Gâté.
Novembre 2021	S3	Projets des carrières à l'automne 2021	2032 : exploitation de la zone la plus proche du Marais Gâté, sans régulation des niveaux d'eau	Le plan d'exploitation de GSM projeté en 2032 permet une exploitation à la pelle à bras du bassin Bex9 et de la digue bordant la barrière hydraulique Nord (proche du Marais Gâté), en ayant à la fois la disponibilité d'eau pour le process d'exploitation et en ayant une incidence limitée sur la piézométrie au droit du projet. En périphérie du projet, les 4 points tests indiquent des abaissements de niveau d'eau sur 3 d'entre eux. A la Brosse Gaspaille (Puits n°5), la baisse est de l'ordre de 30cm. Au Marais Gâté et à La Bregeonnée, les incidences sont de l'ordre du mètre. <i>Ces incidences piézométriques sont à mettre en relation avec un scénario d'exploitation projeté par LG avec modulation des niveaux de nappe – scénario aujourd'hui écarté</i>
Novembre 2021	S4	Projets des carrières à l'automne 2021	2034-2035 : exploitation de la zone la plus proche de la Douve et de La Brosse Gaspaille, sans régulation des niveaux d'eau	Le phasage de GSM prévue en 2034-2035, permet une exploitation à la pelle à bras des bassins Bex11 et Bex12 et de la digue bordant la barrière hydraulique Sud, en ayant la disponibilité d'eau pour le process d'exploitation. La piézométrie est peu impactée au droit de l'emprise du projet d'extension de la carrière de GSM, si ce n'est un abaissement de l'ordre de 50 cm au nord du hameau de la Douve. Ceci étant, comme l'indique les valeurs sur les points tests ci-après, l'incidence piézométrique n'est pas identique sur toute la périphérie du projet d'extension de la carrière. Elle est significative à hauteur de la Bregeonnée (-1.42m) et à La Brosse Gaspaille (-35cm), inexistant au Marais Gâté et à l'Ouest de la Brosse Gaspaille. <i>Ces incidences piézométriques sont à mettre en relation avec un scénario d'exploitation projeté par LG avec modulation des niveaux de nappe – scénario aujourd'hui écarté</i> En conséquence, le phasage projeté par GSM pour son extension de carrière en 2034-2035 est pertinent pour limiter les incidences piézométriques. Les modifications de projet apportées par LG par la suite apportent une amélioration en réduisant les impacts
Printemps 2022	S1V10	Projets des carrières au	2024-2025 : exploitation de la phase 2 proche de la Petite Garde sans régulation du niveau dans le bassin,	La piézométrie est très légèrement augmentée en amont de la carrière (0 à +25cm à la Douve), en lien avec les activités en dehors de l'extension de la carrière de la Grande Garde.

Date de réalisation des simulations	N° simul.	Date des projets	Stade du projet	Principaux résultats obtenus
		printemps 2022	avec circuit d'eau fermé concentré sur partie sud (pompage dans bassin B11Est et rejet dans bassin B12 – le grand plan d'eau B6-B7-B8 n'est plus sollicité)	<p>Au sein de la carrière, on observe localement des dômes piézométriques en lien avec le remblaiement par des matériaux peu perméables qui contraignent les écoulements.</p> <p>Les effets des plans d'eau créés par la carrière et des bassins remblayés se compensent. Ainsi, les niveaux d'eau en aval de la carrière sont comparables à ceux de la situation de référence, hormis en aval immédiat du bassin B4-B5 où une élévation des niveaux de nappe serait de l'ordre de 50cm</p>
Printemps 2022	S1option1	Projets des carrières au printemps 2022	2040 : zone d'extension totalement extraite mise en eau = site réaménagé	<p>Les niveaux de nappe en amont des plans d'eau sont légèrement abaissés comparativement au niveau de référence, au maximum environ 25cm à la Douve. La faible perméabilité des matériaux de remblais limite les circulations et favorisent ainsi des dômes ponctuels de piézométrie pouvant dépasser +2m par rapport à une piézométrie de référence. Ces bassins comblés de fines constituent également des barrières aux écoulements de la nappe ; raison pour laquelle quelques digues transverses (digués 3 et 4) ont été retenues dans ce plan de réaménagement, venant atténuer ces effets.</p> <p>La conjugaison des bassins laissés en eau et des bassins remblayés conduit à un abaissement local des niveaux de nappe de l'ordre d'un mètre entre les bassins remblayés B9-10 et le grand plan d'eau B6-7-8, effet circonscrit à l'emprise de la carrière.</p> <p>Le réaménagement de la carrière de la Grande Garde et son extension, couplé à celui de la carrière de la Gagnerie et de son extension projetée, aura une faible incidence (25cm maximum d'écart de piézométrie) sur les puits et forages captant l'aquifère des sables pliocènes en périphérie de la carrière GSM et de son extension projetée.</p> <p>La création des plans d'eau aura comme effet d'amortir les variations saisonnières des niveaux de nappe sur les puits périphériques. Ainsi, les niveaux de basses eaux devraient être un peu plus élevés et ceux de hautes eaux un peu plus bas.</p>
Automne 2022	S1bv10G*	Projets des carrières à l'automne 2022	2024-2025 : exploitation de la phase 2 proche de la Petite Garde sans régulation du niveau dans le bassin	<p>Les niveaux piézométriques sont compris entre 22-22.5 mNGF en amont, à hauteur la voie communale menant du Marais Gâté à La Douve.</p> <p>Au sein de la carrière, on observe localement des dômes piézométriques en lien avec le remblaiement par des matériaux peu perméables qui contraignent les écoulements.</p> <p>En amont et en périphérie de la zone d'extraction, des abaissements de niveau d'eau sont de l'ordre de 20cm en limite nord-ouest des hameaux de la Douve et de Brosse Gaspaille.</p> <p>Le choix d'implanter cette phase 2 à proximité du bassin B11Est permettra à terme d'éviter d'éventuels effets sur la piézométrie en amont.</p>
Automne 2022	S2bv10G*	Projets des carrières à l'automne 2022	2034 : exploitation de la zone la plus proche du Marais Gâté	<p>L'extraction de la phase 11, phase la plus proche du Marais Gâté, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines.</p> <p>Les niveaux piézométriques à proximité de la zone d'extraction sont affectés d'un abaissement qui restent concentré autour de celle-ci. Au Marais Gâté, le niveau est comparable à celui de la piézométrie de référence avec moins de 10cm d'écart. A la Brosse Gaspaille, le différentiel est de l'ordre de 10cm au puits n°5. A hauteur de la Douve-Brégeonnée les variations piézométriques simulées sont minimales.</p>
Automne 2022	S3bv10G*	Projets des carrières à l'automne 2022	2035 : exploitation de la zone la plus proche de la Brosse Gaspaille	<p>L'extraction de la phase 12, phase la plus proche de la Brosse Gaspaille, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines.</p> <p>Le grand plan d'eau généré par l'exploitation B1 à B11 induit une mise à l'équilibre des niveaux piézométriques de l'amont vers l'aval.</p> <p>Aux points cibles, les niveaux d'eaux simulés pour 2035 sont inférieurs de moins de 15cm des niveaux piézométriques de référence.</p>
Automne 2022	S4V10L*	Projets des carrières à l'automne 2022	2041 : Site réaménagé	<p>La simulation du réaménagement des carrières de GSM et LG montre au droit et à proximité de la carrière GSM et de son extension une orientation de piézométrie conforme à la situation historique (2003).</p> <p>Le grand plan d'eau créé par l'extension induit un lissage des niveaux piézométriques et donc des abaissements en amont. Pour palier ces effets, notamment sur les hameaux de Brosse Gaspaille et de la Douve, une partie de la berge Est est colmatée par des matériaux peu perméables, limitant ainsi les transferts.</p> <p>Aux points cibles du Marais Gâté, de la Douve-Brégeonnée et de la Brosse-Gaspaille, les abaissements seraient de moins de 10cm.</p>

* les simulations S1bv10G, S2bv10G, S3bv10G et S4V10L sont celles présentées dans l'étude hydrogéologique (rapport Calligée N21-44061G_V9) annexée au dossier jugé complet et recevable par les services de l'Etat en juillet 2023

2.3 - SIMULATION DU PROJET FINAL

2.3.1 - SITE EN EXPLOITATION AU PLUS PROCHE DU HAMEAU DE LA PETITE GARDE – 2024-2025

2.3.1.1 - Conditions d'exploitation

Voir Figure 1

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés en 2025
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- Bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- Bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b nord, B9b, B10 comblés par des fines au-dessus du toit de la nappe
- Bassins B11Ouest et B11 Est encore fusionnés, en eau ;
- Dignes 1, 3 et 4 comblées avec des stériles d'exploitation

Extension carrière Grande Garde :

- Bassin lié à la phase 1 déjà extrait jusqu'à la base du gisement, en eau ;
- Surverse au nord-ouest du plan d'eau crée au droit du bassin 1 à la cote 22mNGF
- Extraction du gisement jusqu'à la base de la phase 2, sans modulation des niveaux d'eau.

Circuit d'eau :

- Pompage des eaux pour poussage et installation de traitement (1200m³/h, 8h/j, 5j/semaine) dans bassin B11Est et B11 Ouest fusionnés ;
- Rejet des boues dans bassin B12

Carrière LG :

- Données du plan de réaménagement de la carrière LG de la Gagnerie.

2.3.1.2 - Résultats de la simulation

La simulation « 2024-2025 » en situation « cumulée » présentée dans la version V9 du présent rapport montrait que l'exploitation de l'extension de la sablière LG ne générerait pas d'incidences cumulatives à celles de GSM sur la piézométrie simulée en périphérie de la carrière de GSM. En conséquence, cette phase d'exploitation n'a pas fait l'objet d'une nouvelle simulation.

Par conséquent, les incidences de l'exploitation seule de l'extension de la carrière de GSM sont similaires à celles énoncées dans la version V9 de ce rapport à savoir :

L'extraction de la phase 2 de son extension envisagée par GSM, bassin situé au plus proche du hameau de la Grande Garde, n'a pas d'incidence sur les directions globales

d'écoulement des eaux souterraines. Les eaux s'écoulent globalement de l'Est vers le Nord-Ouest en direction de la vallée du Redour.

Les niveaux piézométriques sont compris entre 22-22.5 mNGF en amont, à hauteur la voie communale menant du Marais Gâté à La Douve. Ils sont d'environ 17mNGF en limite aval de l'emprise actuelle de la carrière de la Grande Garde.

Au sein de la carrière, on observe localement des dômes piézométriques en lien avec le remblaiement par des matériaux peu perméables qui contraignent les écoulements.

En amont et en périphérie de la zone d'extraction, des abaissements de niveau d'eau sont simulés. Ils seraient de l'ordre de 20cm en limite nord-ouest des hameaux de la Douve et de Brosse Gaspaille (-17cm au puits 5 et -22cm au puits fictif de la Douve-Brégonnée – voir Tableau 2).

Les effets des plans d'eau créés par la carrière et des bassins remblayés se compensent. Ainsi, les niveaux d'eau en aval de la carrière sont comparables à ceux de la situation initiale, hormis en aval immédiat du bassin B4-B5 où une élévation des niveaux de nappe serait de l'ordre de 50cm.

Tableau 2 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S1bV10G

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S1bV10G	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.45	-0.17
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.22	+0.01
Douve / Brégonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.20	-0.22

En conclusion, le choix d'implanter cette phase 2 à proximité du bassin B11Est dans l'objectif d'avoir un stock d'eau suffisant dans ce secteur lors des prochaines phases d'exploitation, a une incidence limitée sur le milieu. Ceci permettra à terme d'éviter d'éventuels effets sur la piézométrie en amont.

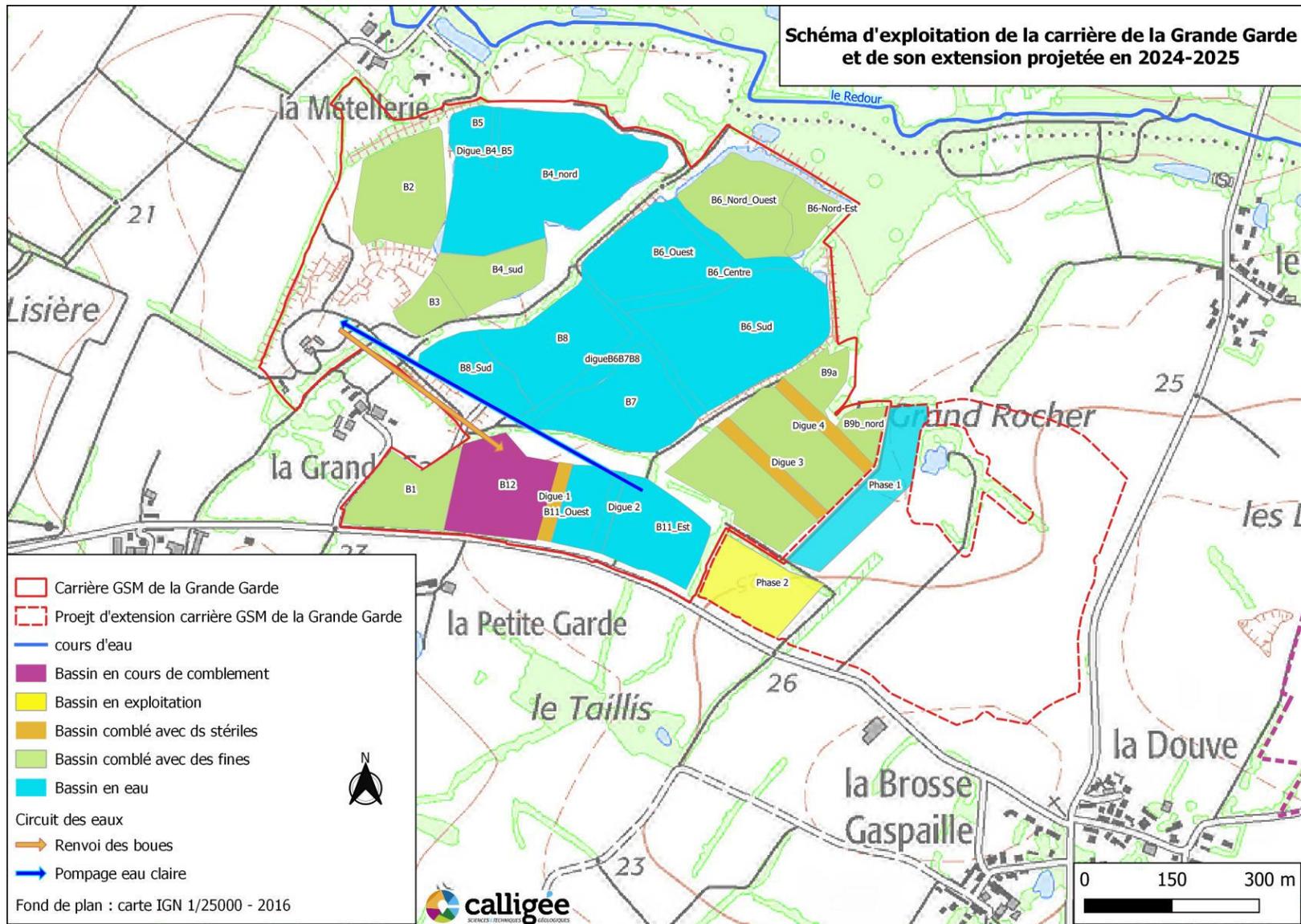
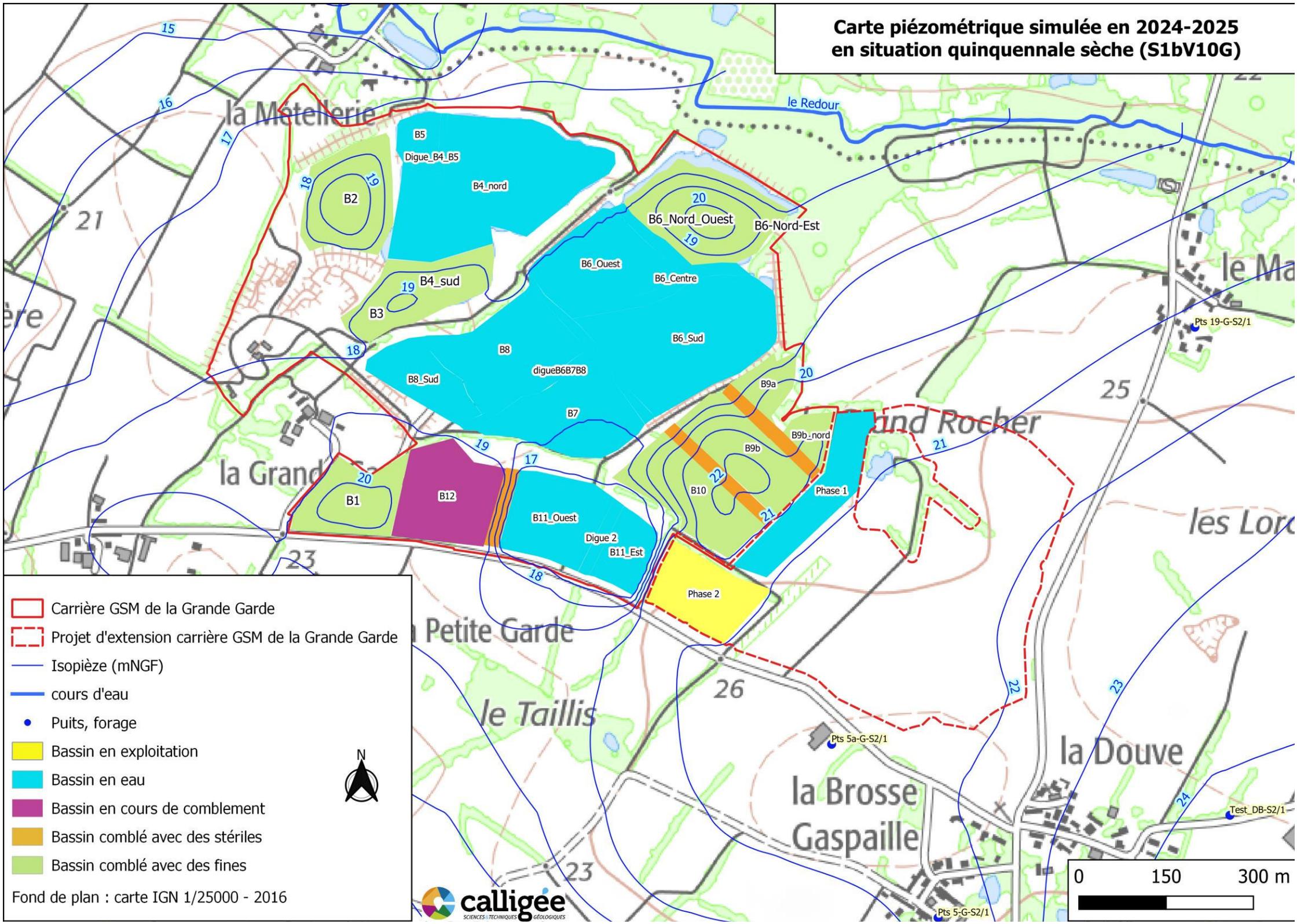
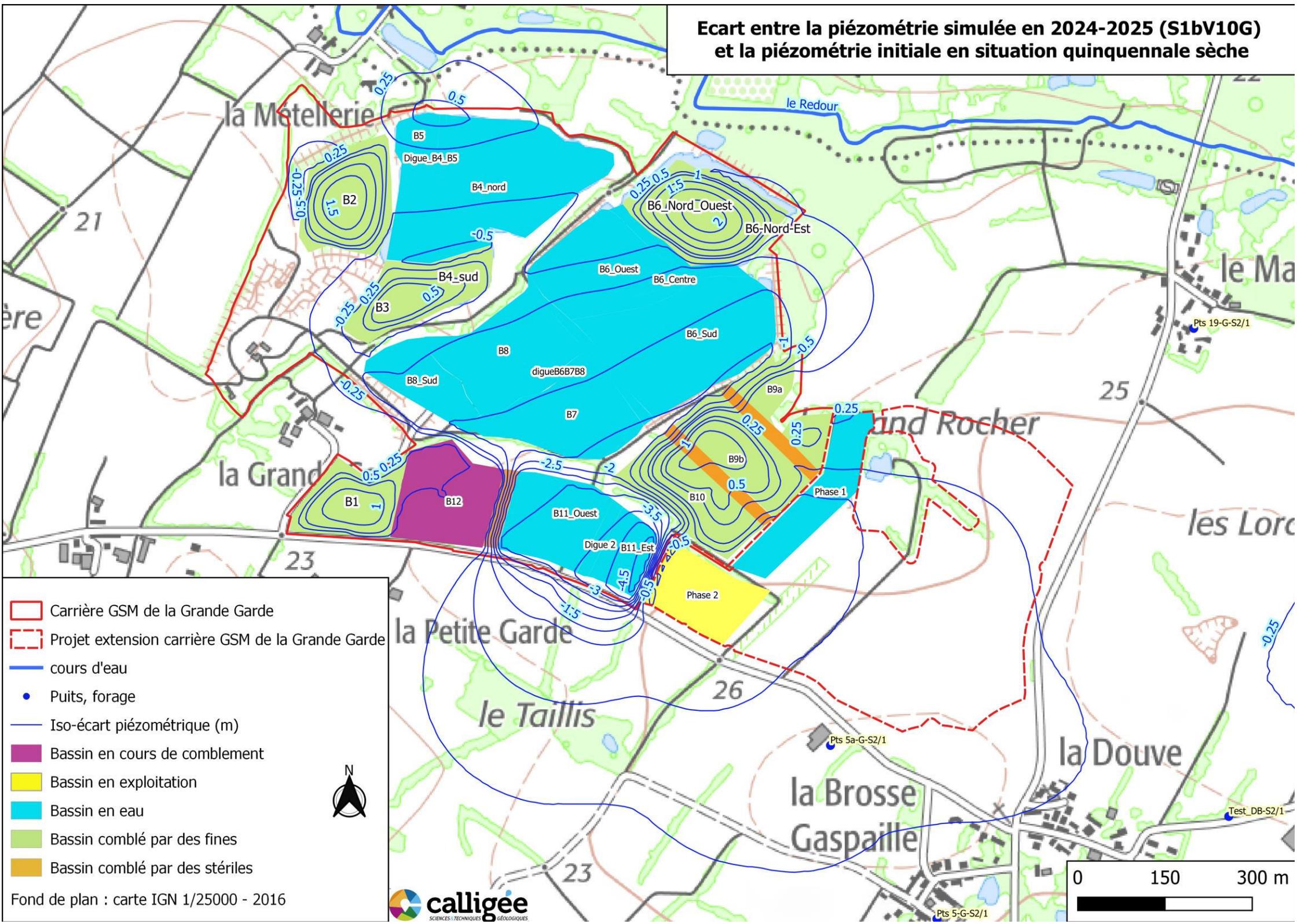


Figure 1 : Schéma de principe de l'exploitation en 2024-2025

Carte piézométrique simulée en 2024-2025 en situation quinquennale sèche (S1bV10G)

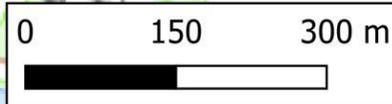


Ecart entre la piézométrie simulée en 2024-2025 (S1bV10G) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet extension carrière GSM de la Grande Garde
- cours d'eau
- Puits, forage
- Iso-écart piézométrique (m)
- Bassin en cours de comblement
- Bassin en exploitation
- Bassin en eau
- Bassin comblé par des fines
- Bassin comblé par des stériles

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



2.3.2 - SITE EN EXPLOITATION AU PLUS PROCHE DU HAMEAU DU MARAIS GATE – 2034

2.3.2.1 - Conditions d'exploitation

Voir Figure 4

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés en 2025
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- Bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- Bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b nord, B9b, B10, B11Ouest et B11Est, B12 comblés par des fines au-dessus du toit de la nappe
- Dignes 1, 2, 3 et 4 comblées avec des stériles d'exploitation

Extension carrière Grande Garde :

- Bassin phase 1 à 10 déjà extraits jusqu'à la base du gisement, en eau ;
- Surverse au nord-ouest du plan d'eau crée au droit du bassin 1 à la cote 22mNGF
- Extraction du gisement jusqu'à la base de la phase 11, sans modulation des niveaux d'eau.

Circuit d'eau :

- Pompage des eaux pour poussage et installation de traitement (1200m³/h, 8h/j, 5j/semaine) dans bassin Phase1 ;
- Rejet des boues dans bassin Phase 2

Carrière LG :

- Données du plan de réaménagement de la carrière LG de la Gagnerie

2.3.2.2 - Résultats de la simulation

L'extraction de la phase 11, phase la plus proche du Marais Gâté, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines (Figure 5).

La carte des iso-écarts montre un abaissement des niveaux piézométriques concentré autour de la zone d'extraction, notamment en direction des Loraux (Figure 6).

Bien que proche, le hameau du Marais Gâté est peu affecté par un abaissement piézométrique : de l'ordre d'une dizaine de centimètres.

Dans le hameau de la Douve, l'abaissement serait d'environ 25cm ; de 14cm et 17cm respectivement sur les points de comparaison « Pts5 » et « Pts_DB-S2 » situés au sud de Brosse Gaspaille, et entre la Douve et la Brégeonnée.

Tableau 3 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S2bV10GSL

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S2bV10GSL	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.48	-0.14
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.10	-0.11
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.25	-0.17

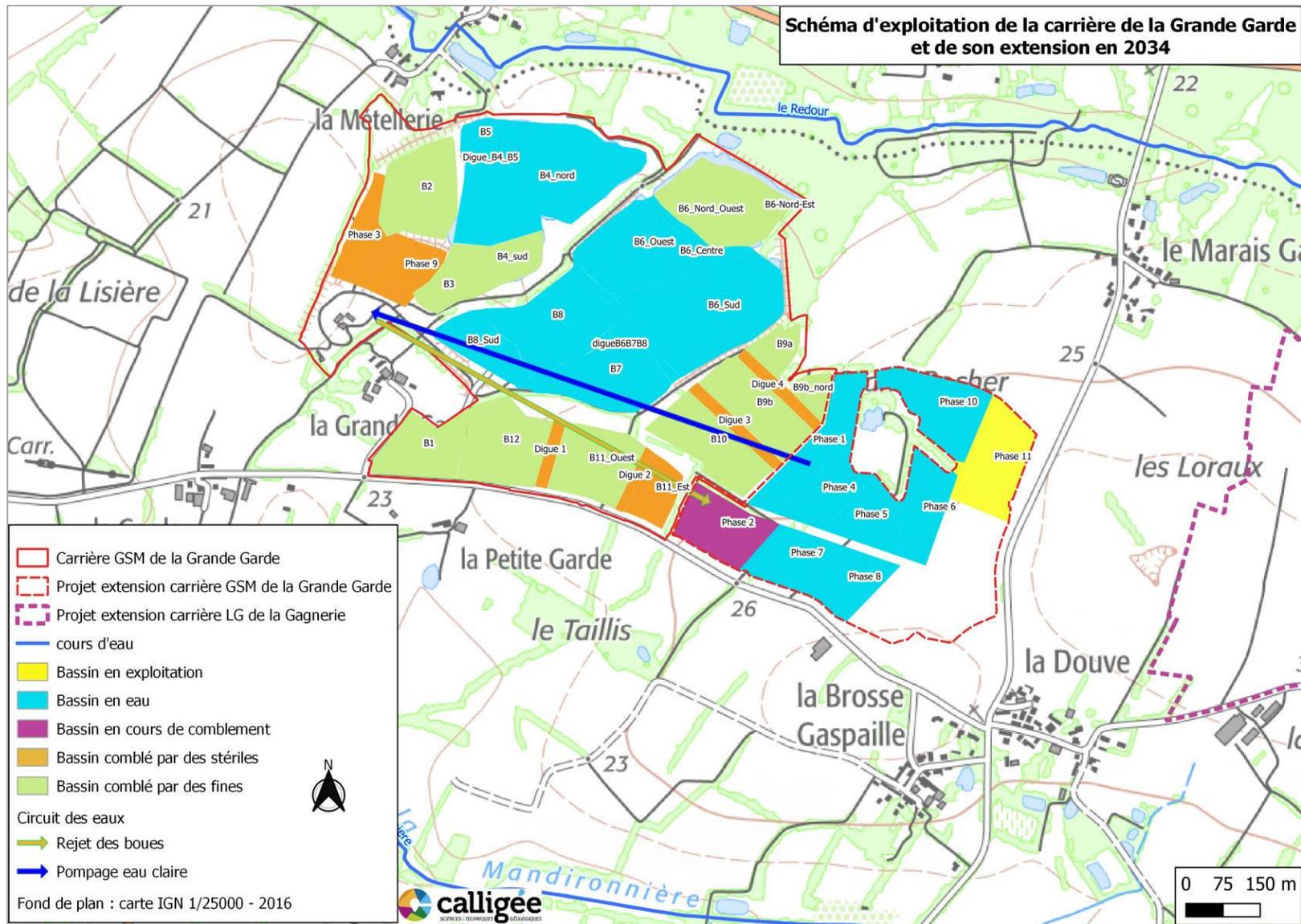
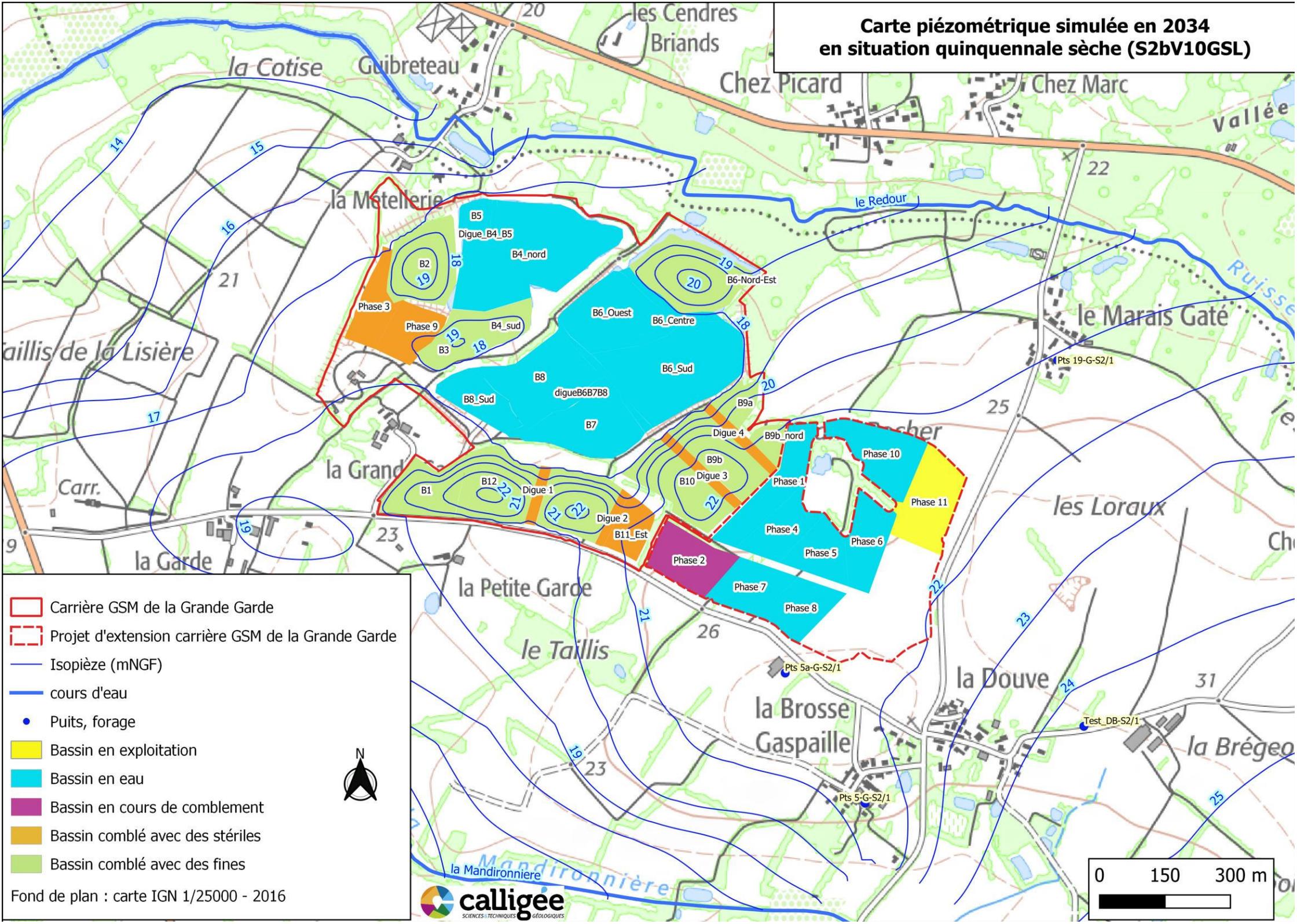


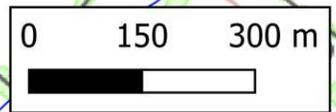
Figure 4 : Schéma de principe de l'exploitation en 2034

**Carte piézométrique simulée en 2034
en situation quinquennale sèche (S2bV10GSL)**

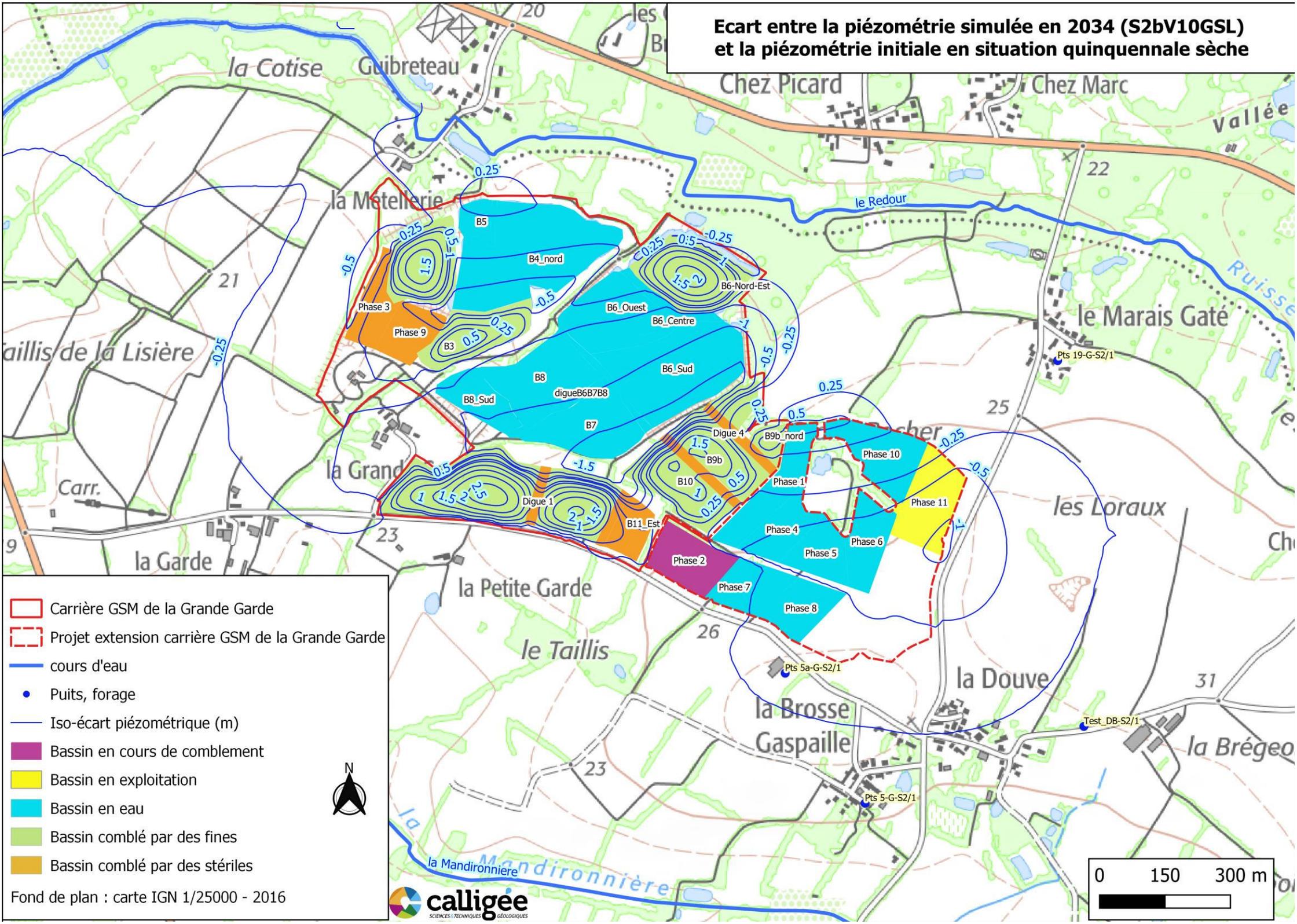


- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet d'extension carrière GSM de la Grande Garde
- Isopièze (mNGF)
- cours d'eau
- Puits, forage
- Bassin en exploitation
- Bassin en eau
- Bassin en cours de comblement
- Bassin comblé avec des stériles
- Bassin comblé avec des fines

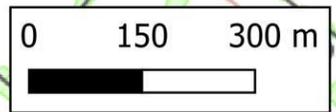
Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



Écart entre la piézométrie simulée en 2034 (S2bV10GSL) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet extension carrière GSM de la Grande Garde
- cours d'eau
- Puits, forage
- Iso-écart piézométrique (m)
- Bassin en cours de comblement
- Bassin en exploitation
- Bassin en eau
- Bassin comblé par des fines
- Bassin comblé par des stériles



Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016

2.3.3 - SITE EN EXPLOITATION AU PLUS PROCHE DU HAMEAU DE LA BROSSE GASPAILLE – 2035

2.3.3.1 - Conditions d'exploitation

Voir Figure 7

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés en 2025
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- Bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- Bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b nord, B9b, B10, B11Ouest et B11Est, B12 comblés par des fines au-dessus du toit de la nappe
- Dignes 1, 2, 3 et 4 comblées avec des stériles d'exploitation

Extension carrière Grande Garde :

- Bassin phase 1 à 11 déjà extraits jusqu'à la base du gisement, en eau ;
- Surverse au nord-ouest du plan d'eau crée au droit du bassin 1 à la cote 22mNGF
- Extraction du gisement jusqu'à la base de la phase 12, sans modulation des niveaux d'eau.

Circuit d'eau :

- Pompage des eaux pour poussage et installation de traitement (1200m³/h, 8h/j, 5j/semaine) dans bassin Phase1 ;
- Rejet des boues dans bassin Phase 2 lequel est en continuité avec les bassins des phases 7 et 8, donc colmatage du fond des 3 bassins

Carrière LG :

- Données du plan de réaménagement de la carrière LG de la Gagnerie

2.3.3.2 - Résultats de la simulation

L'extraction de la phase 12, phase la plus proche de la Brosse Gaspaille, n'a pas d'incidence sur les directions globales d'écoulement des eaux souterraines (Figure 8).

L'isopièze 22mNGF s'écarte un peu plus vers l'Est, comparativement à l'exploitation en 2034.

Ainsi, la zone influencée par des abaissements de niveau de nappe s'étend un peu, notamment vers le Sud-Est en direction de la Douve.

Par conséquent, les hameaux de Brosse Gaspaille et de la Douve sont affectés par un abaissement piézométrique d'environ 25cm comparativement à la piézométrie de référence (Figure 9). On simule un abaissement de 18cm sur l'ouvrage Pts5 et 20cm sur l'ouvrage fictif Test_DB-S2 (Tableau 4).

Au Marais Gâté, l'abaissement serait d'une dizaine de centimètres.

Tableau 4 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S3bV10GSL

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S3bV10GSL	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.44	-0.18
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.09	-0.12
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.22	-0.20

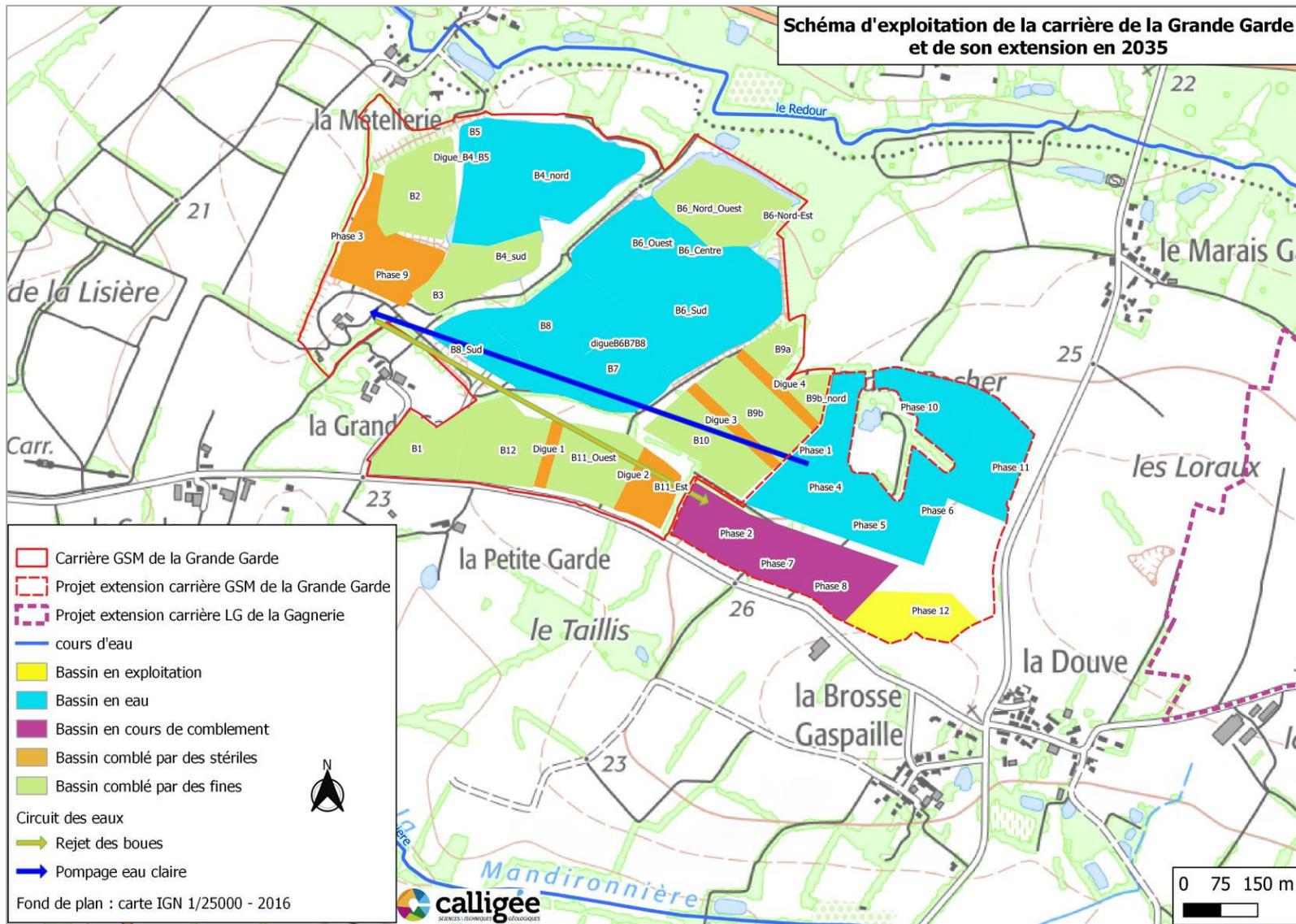
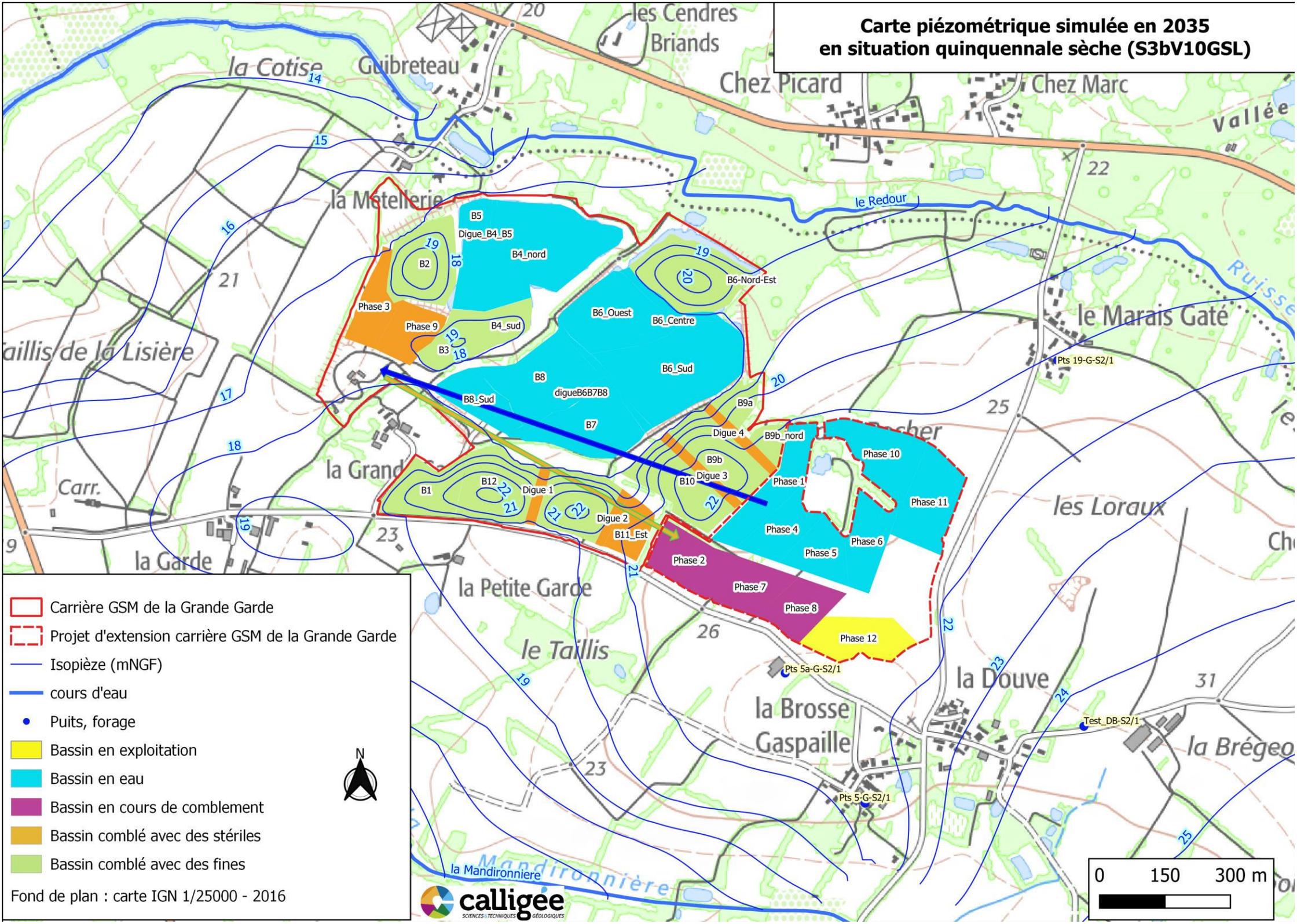


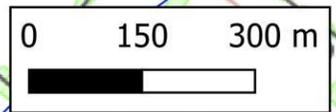
Figure 7 : Schéma de principe de l'exploitation en 2035

**Carte piézométrique simulée en 2035
en situation quinquennale sèche (S3bV10GSL)**

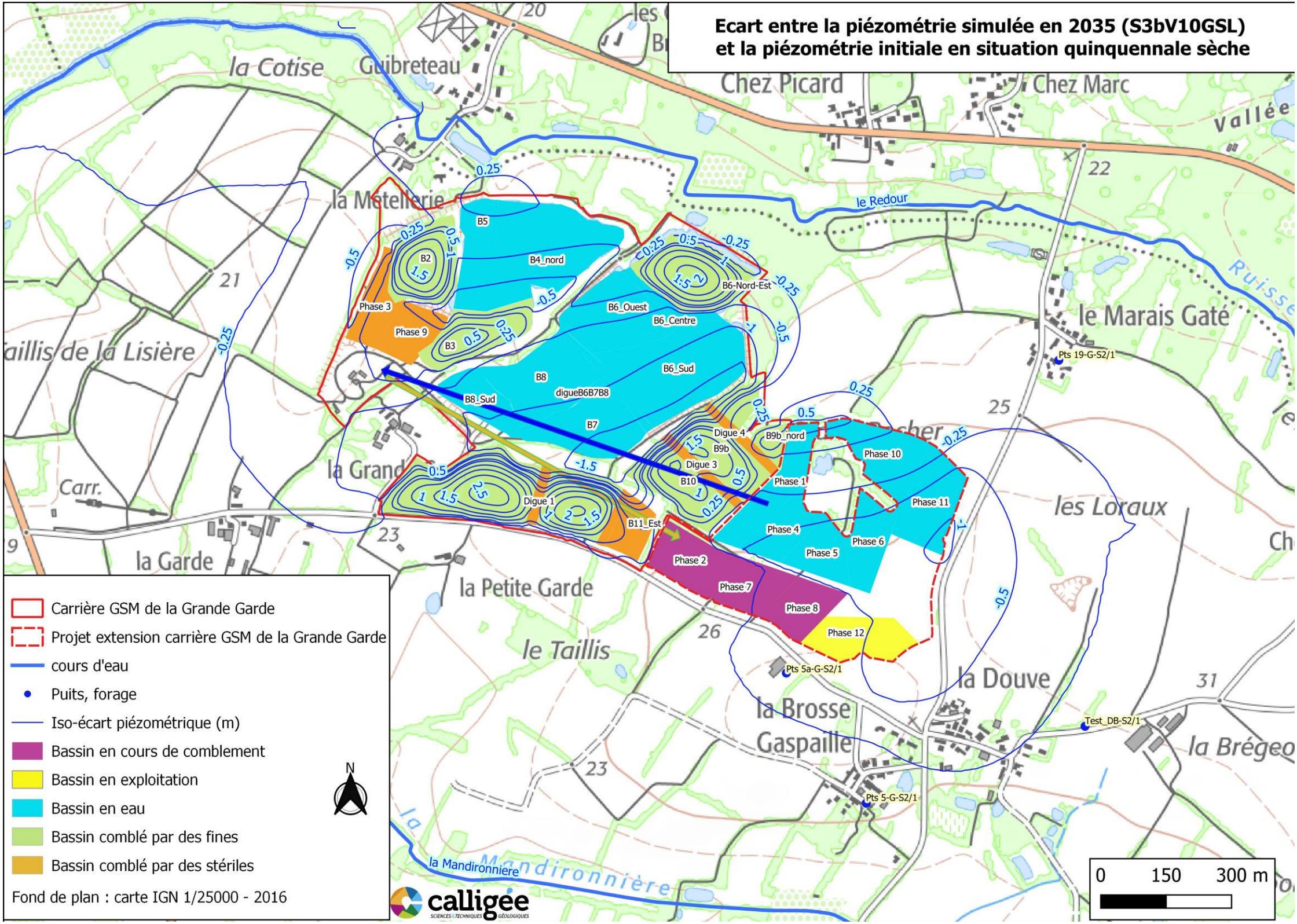


- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet d'extension carrière GSM de la Grande Garde
- Isopièze (mNGF)
- cours d'eau
- Puits, forage
- Bassin en exploitation
- Bassin en eau
- Bassin en cours de comblement
- Bassin comblé avec des stériles
- Bassin comblé avec des fines

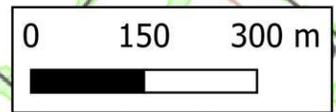
Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



Ecart entre la piézométrie simulée en 2035 (S3bV10GSL) et la piézométrie initiale en situation quinquennale sèche



Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



2.3.4 - SITE REAMENAGE (2041)

2.3.4.1 - Conditions de remises en état

Voir Figure 10

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1 à 8 sortis de l'emprise de la carrière et déjà réaménagés
- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est remblayés
- Bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- Bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7, B8, B8_sud ne formant qu'un grand plan d'eau
- Bassins B9a, B9b et B10 remblayés par des fines, et séparés par des digues 3 et 4 reconstituées avec des stériles de perméabilité 10-6m/s
- Bassins B12, B11_ouest, B11_est remblayés par des fines, et séparés par les digues 1 et 2 reconstituées avec des stériles
- Conditions de surverse :
 - Bassin B6/B7/B8 vers bassin B4/B5 = 18,52 mNGF
 - Bassin B4/B5 vers ruisseau du Redour = 17,7 mNGF

Extension carrière Grande Garde :

- tous les sous-bassins ne forment qu'un seul et unique plan d'eau avec surverse au nord-ouest à la cote 22mNGF
- les bassins Phase2, Phase 7 et Phase 8 sont colmatés au fond par des fines
- une partie de la berge Est à proximité de la Brosse Gaspaille et de la Douve :

Carrière LG :

- Données du plan de réaménagement de la carrière LG de la Gagnerie

2.3.4.2 - Résultats de la simulation de remise en état

La simulation du réaménagement de la carrière de la Grande Garde et de son extension montre une orientation de piézométrie conforme à la situation historique (2003), à savoir une orientation globalement Sud-Est / Nord-Ouest, avec un drainage principal par le ruisseau du Redour. A l'Ouest de La Brosse Gaspaille, les eaux sont drainées vers le Sud, vallée de la Mandironnière. La piézométrie varie de 24 mNGF en amont à hauteur de la Douve à 16 mNGF à la Métellerie.

Le grand plan d'eau créé par l'extension induit un lissage des niveaux piézométriques et donc des abaissments en amont. Pour palier ces effets sur les hameaux de Brosse Gaspaille et de la Douve, une partie de la berge Est est colmatée par des matériaux peu perméables, limitant ainsi les transferts. Ainsi, l'abaissement piézométrique à la Douve et à la Brosse Gaspaille restent inférieurs à 25cm, aussi bien sur les points cibles (Pts5-G-S2, Test_DB-S2) que sur les puits utilisés pour l'alimentation des maisons individuelles (Puits 22, H et F).

Au point cible du Marais Gâté, les abaissments seront de moins de 20cm.

Le plan d'eau créé au droit de la zone d'extension aura une cote moyenne d'équilibre en condition quinquennale sèche de l'ordre de 21.85mNGF.

Tableau 5 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S4b2V10GSL

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S4b2V10GSL	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.49	-0.13
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.06	-0.15
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.29	-0.13
Brosse Gaspaille	Puits 22	21.97	21.83	-0.14
Brosse Gaspaille	Puits F	22.35	22.23	-0.12
Douve	Puits H	23.53	23.42	-0.11

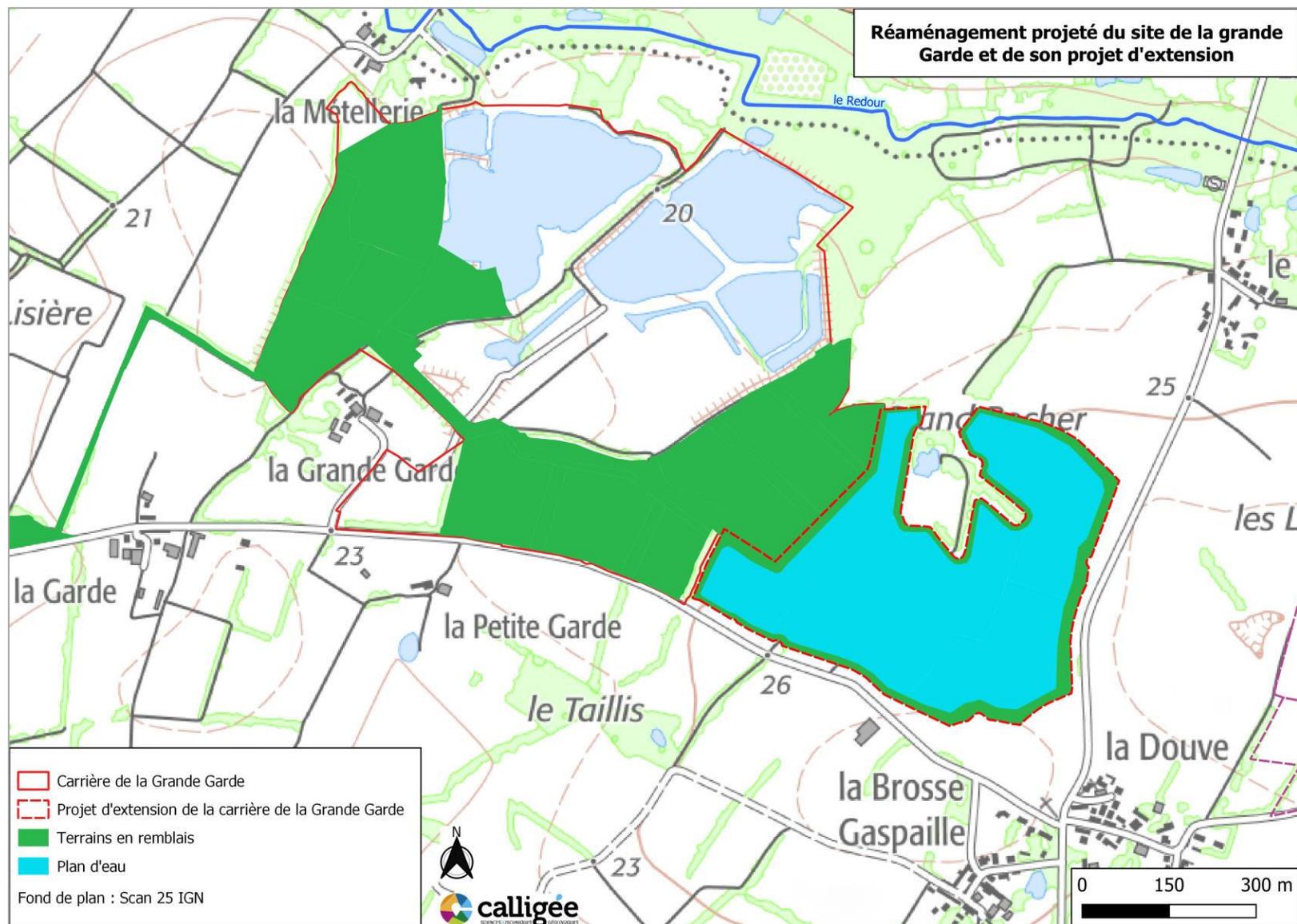
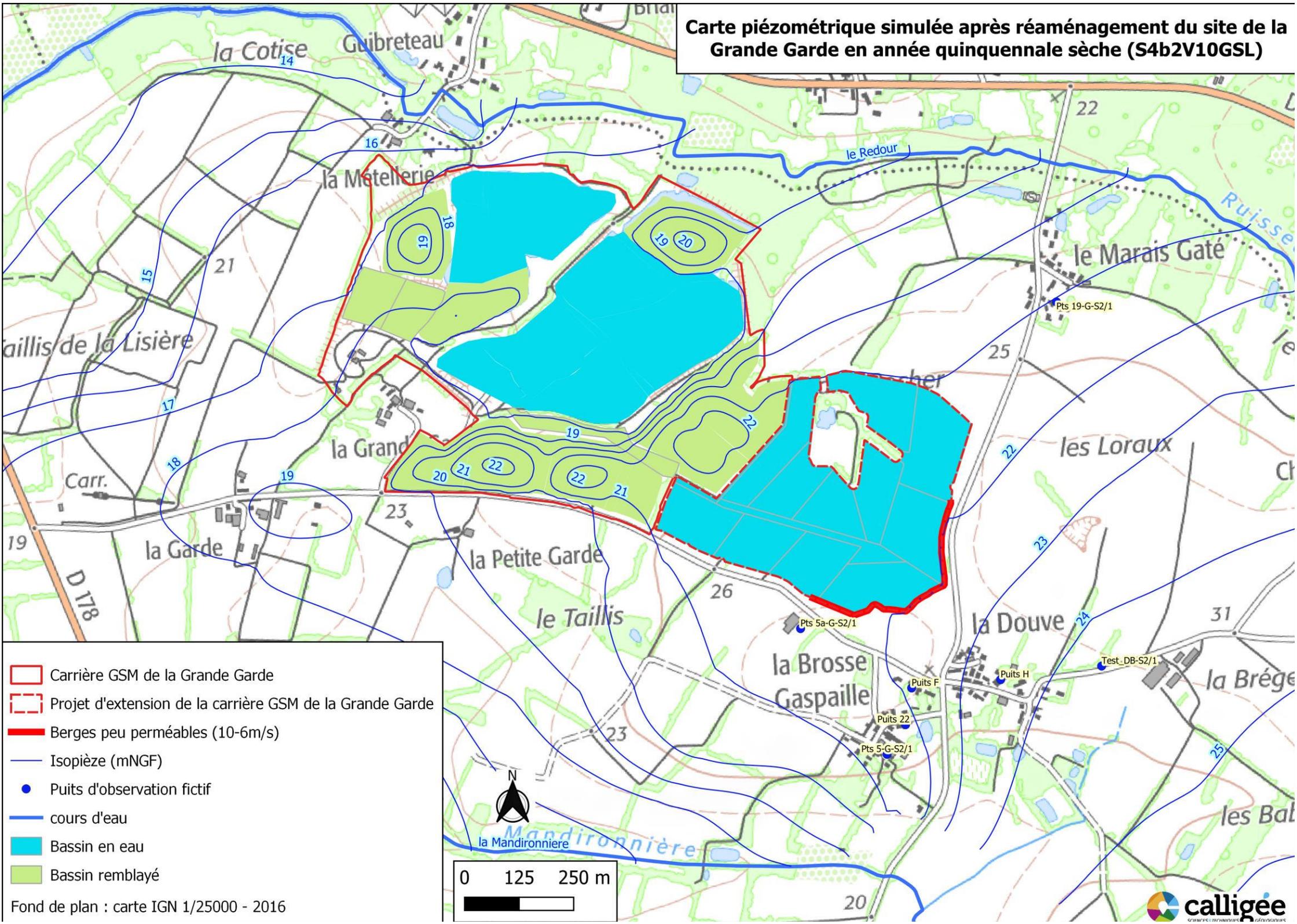


Figure 10 : Schéma de principe du réaménagement du site en 2041

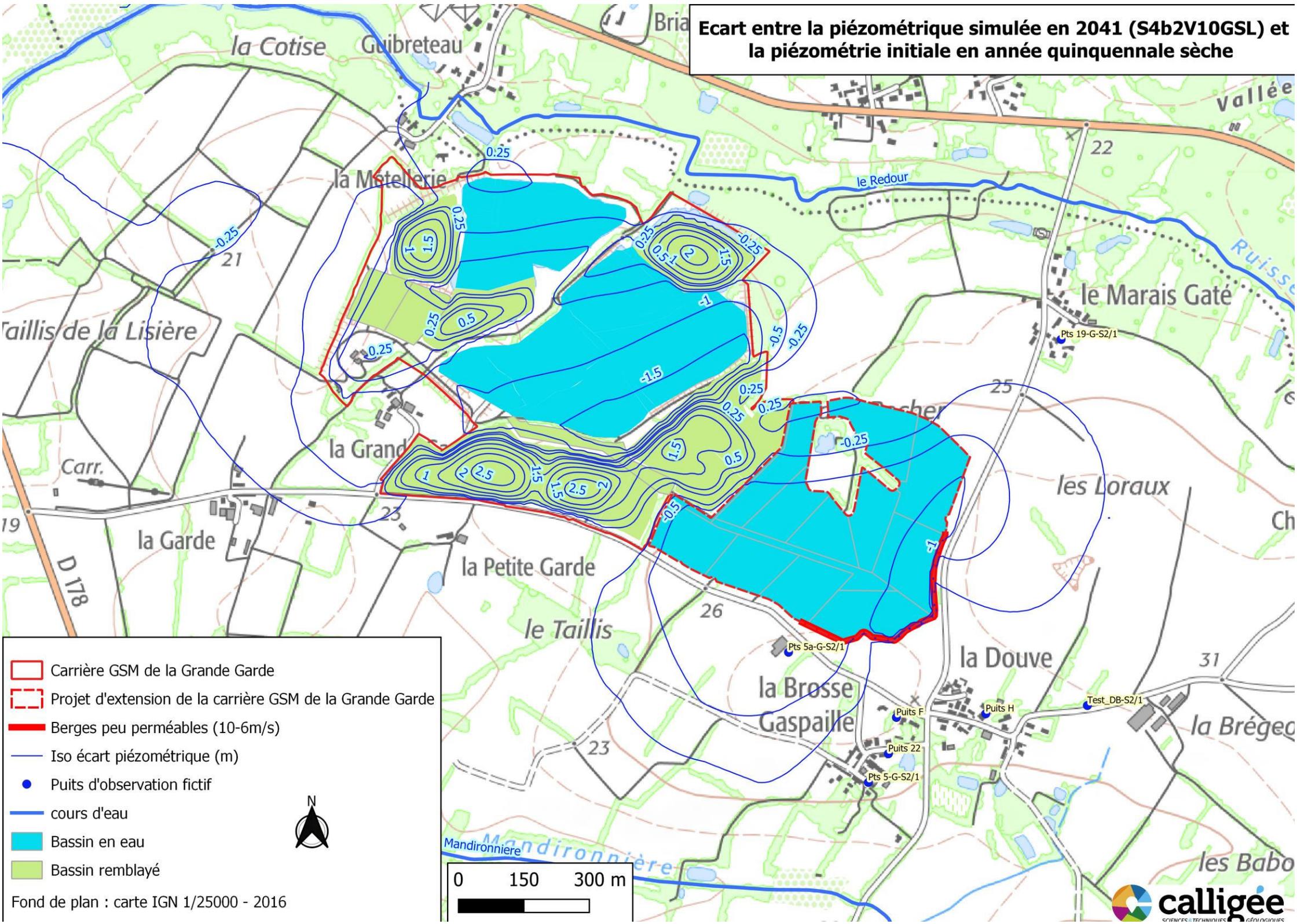
Carte piézométrique simulée après réaménagement du site de la Grande Garde en année quinquennale sèche (S4b2V10GSL)



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet d'extension de la carrière GSM de la Grande Garde
- Berges peu perméables (10-6m/s)
- Isopièze (mNGF)
- Puits d'observation fictif
- cours d'eau
- Bassin en eau
- Bassin remblayé

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016

Ecart entre la piézométrie simulée en 2041 (S4b2V10GSL) et la piézométrie initiale en année quinquennale sèche



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Projet d'extension de la carrière GSM de la Grande Garde
- Berges peu perméables (10-6m/s)
- Iso écart piézométrique (m)
- Puits d'observation fictif
- cours d'eau
- Bassin en eau
- Bassin remblayé

Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016

2.4 - SIMULATION SANS PROJET D'EXTENSION

Cette simulation a été réalisée en ne considérant que le réaménagement des carrières actuelles de GSM et LG dans l'objectif de calculer l'incidence du projet d'extension de la sablière de la Grande Garde sur le débit des cours d'eau.

2.4.1 - CONDITIONS DE REMISES EN ETAT

Voir Figure 13

Carrière Grande Garde :

- Bassins n°1, 2, 3, 4_sud, B6_Nord-ouest et B6-Nord-Est, B8, B9a, B9b remblayés
- Bassins B4_nord et B5 ne formant qu'un seul plan d'eau
- bassins B6_Ouest, B6_centre, B6_sud, B7 ne formant qu'un seul plan d'eau
- Bassins B10, B12, B11_ouest, B11_est ne formant qu'un seul plan d'eau
- conditions de surverse :
- Bassin B6/B7/B8 vers bassin B4/B5 = 18,52 mNGF
- Bassin B4/B5 vers ruisseau du Redour = 17,7 mNGF

Carrière LG :

- Données du plan de réaménagement de la carrière LG de la Gagnerie

2.4.2 - RESULTATS DE LA SIMULATION DE REMISE EN ETAT

La simulation des réaménagements des carrières actuelles GSM et LG, et sans projet d'extension de la carrière GSM implique la présence d'un vaste plan d'eau quasi continu s'étalant de la limite sud-est (bassins B9sud / B10) à la limite nord-ouest (bassins B4 / B5). En effet, ces ensembles de bassins ne sont séparés que par de minces cordons de matériaux non exploités de l'aquifère sableux. En conséquence, les résultats de la simulation montrent un rabattement assez important du niveau de la nappe à l'amont hydraulique de l'exploitation, et une élévation significative à l'aval, à proximité du Redour. La baisse de niveau par rapport à la situation de référence est de 0,30 à 0,50 m au droit des hameaux mêmes de la Brosse Gaspaille et de la Douve. Au Marais Gâté, le rabattement est d'un ordre de grandeur comparable à celui des simulations précédentes (environ 0.20 m).

Tableau 6 : Impacts piézométriques des sablières sur des points cibles environnants – S4V10SGSL

Secteur	Nom abrégé	Simulation 2003 (cote en mNGF)	S4V10SGSL	
			Cote (mNGF)	Ecart/2003 (m)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	21.33	-0.29
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	21.03	-0.18
Douve / Brégonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	24.23	-0.19
Brosse Gaspaille	Puits 22	21.97	21.64	-0.33
Brosse Gaspaille	Puits F	22.35	21.89	-0.46
Douve	Puits H	23.53	23.20	-0.33

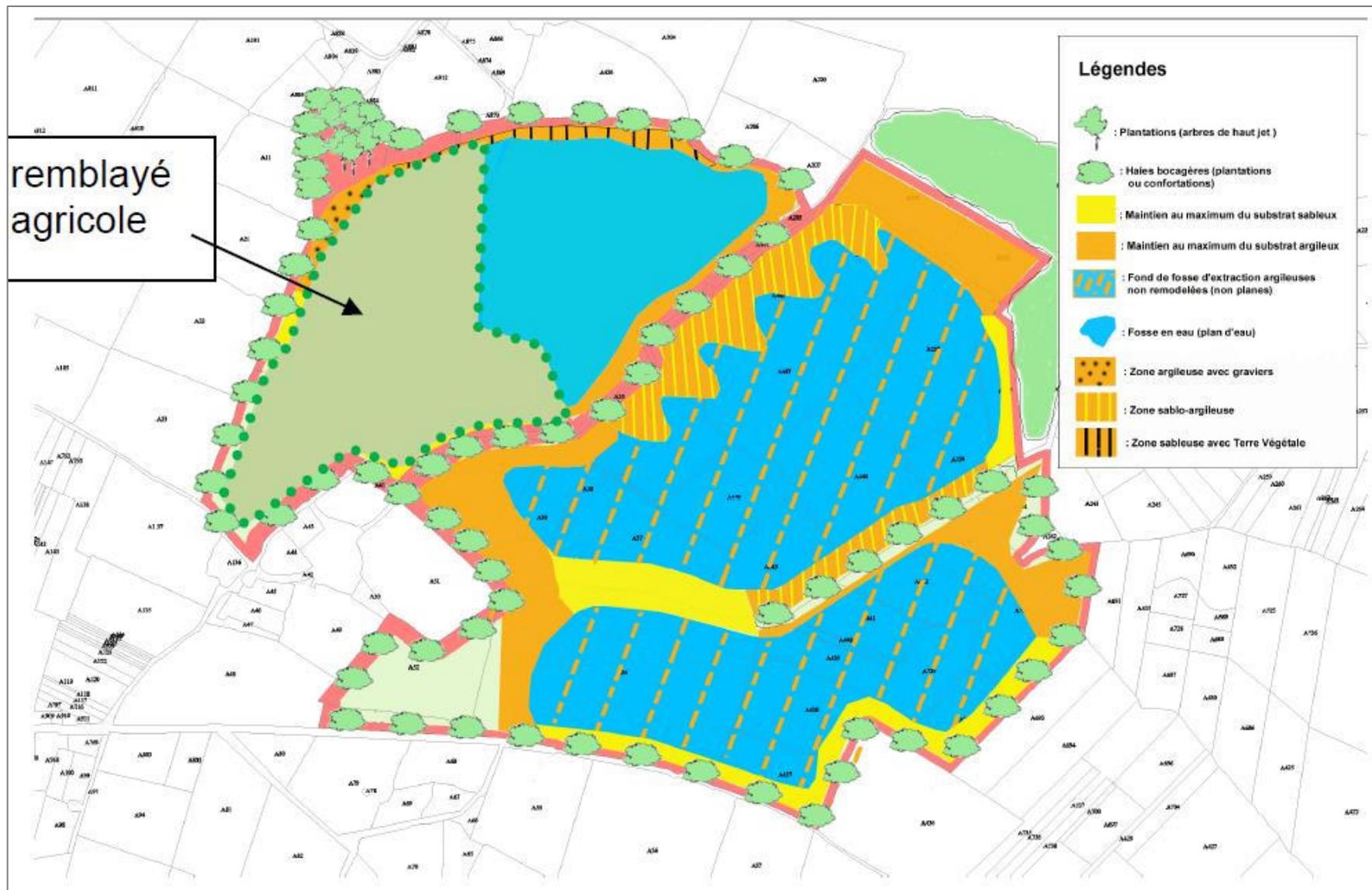
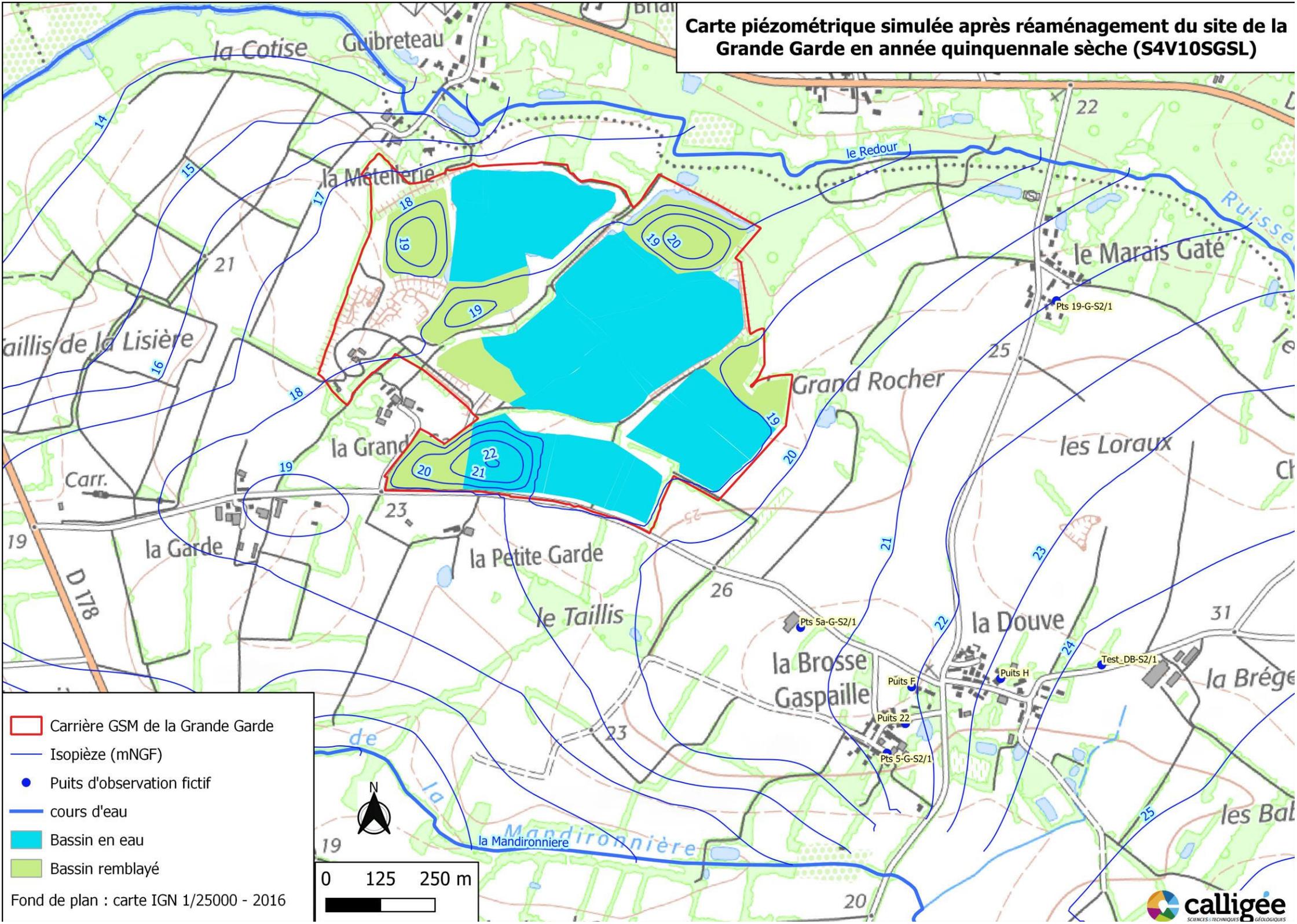
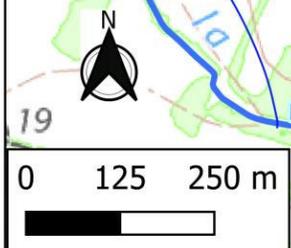


Figure 13 : Plan de réaménagement projeté du site actuel de la Grande Garde (source : GSM)

Carte piézométrique simulée après réaménagement du site de la Grande Garde en année quinquennale sèche (S4V10SGSL)

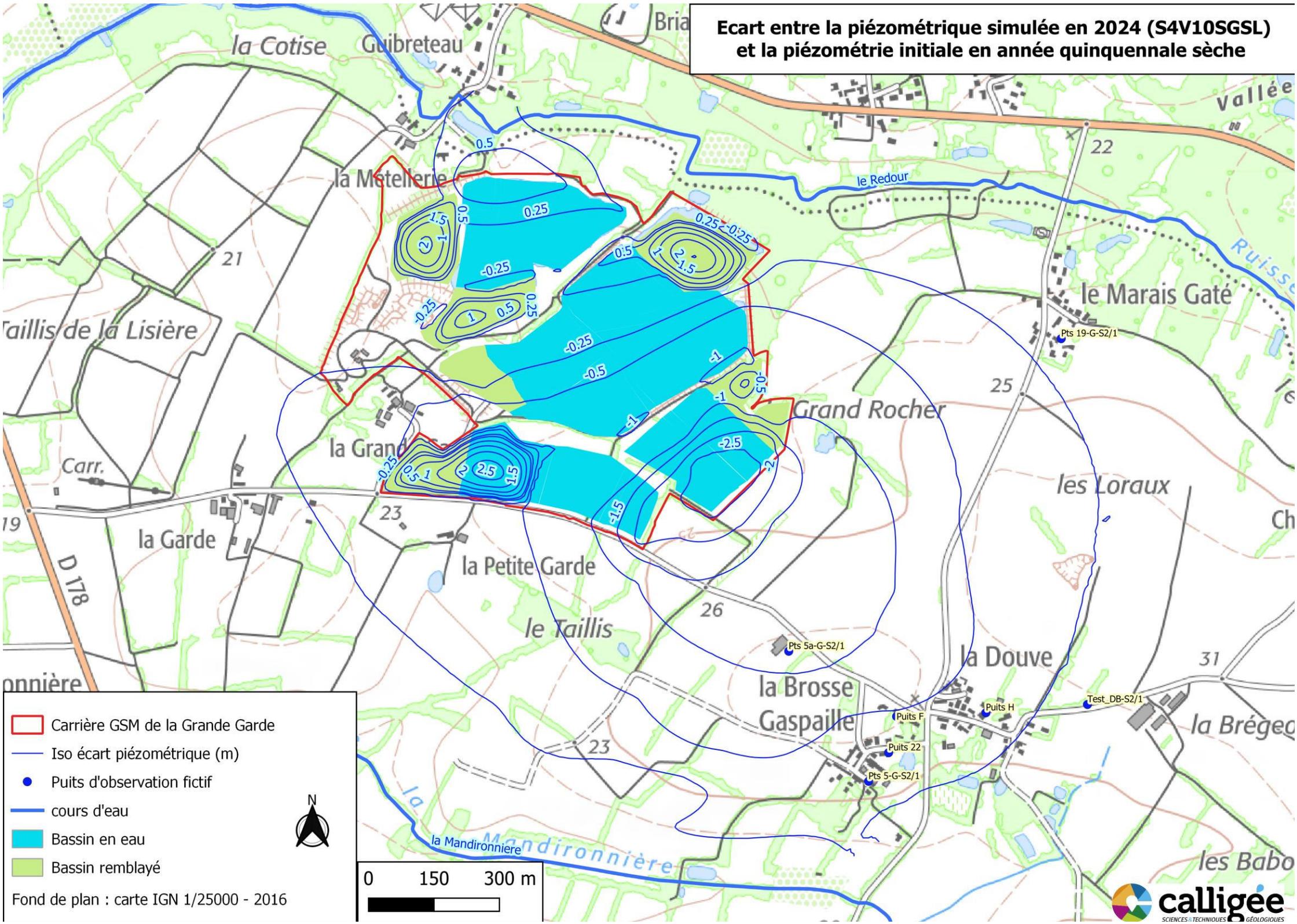


- Carrière GSM de la Grande Garde
- Isopiète (mNGF)
- Puits d'observation fictif
- cours d'eau
- Bassin en eau
- Bassin remblayé



Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016

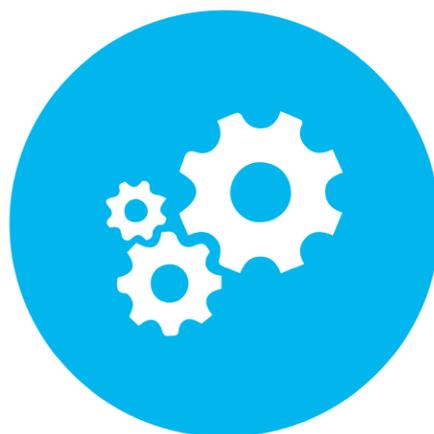
Ecart entre la piézométrie simulée en 2024 (S4V10SGSL) et la piézométrie initiale en année quinquennale sèche



- Carrière GSM de la Grande Garde
- Iso écart piézométrique (m)
- Puits d'observation fictif
- cours d'eau
- Bassin en eau
- Bassin remblayé



Fond de plan : carte IGN 1/25000 - 2016



3 Synthèse de l'évaluation des incidences du projet

3.1 - INCIDENCES QUANTITATIVES SUR LA RESSOURCE EN EAU

3.1.1 - INCIDENCES SUR LA RESSOURCE SOUTERRAINE

3.1.1.1 - En cours d'exploitation

Export d'eau via les granulats

L'extraction de granulats induit l'extraction de l'eau fixée sur le matériau. Après nettoyage et criblage, les sables sont stockés sur site pour favoriser le ressuyage et limiter cette quantité d'eau extraire.

Cependant, il reste une part d'humidité des matériaux exportés. Dans les simulations, le pourcentage d'humidité considéré est de 7% en poids, ce qui est maximisant au regard des analyses faites sur les matériaux exportés depuis l'actuel site de production de la Grande Garde entre février 2022 et février 2023, qui montrent un taux d'humidité moyen de 4%.

Le projet considère 250 000 tonnes de sables vendues annuellement, ce qui correspond à 17 500 tonnes d'eau, soit 17 500 m³/an.

Evaporation

Au droit des plans d'eau connectés avec la nappe, le niveau d'eau du plan d'eau est imposé par la nappe. Autrement dit, la nappe « compense » les variations du niveau d'eau du

plan d'eau, de manière à rétablir l'équilibre hydrostatique du système plan d'eau – nappe (voir note explicative n°9 « Comptabilisation des pertes par évaporation » dans le Dossier « Doctrine régionale Eau & Carrière en Centre Val de Loire »

Ainsi :

- la nappe « absorbe » les excédents d'eau, lorsque les apports pluviométriques sont supérieurs aux pertes par évaporation ;
- la nappe « compense » les déficits en eau, lorsque les pertes par évaporation sont supérieures aux apports pluviométriques.

Le mode de calcul pour évaluer la différence de recharge de la nappe au droit d'une zone avec un couvert végétal « traditionnel » et en plan d'eau est le suivant :

- Recharge nappe avec couvert végétal = $0.95 * (\text{Pluie} - \text{Evapotranspiration réelle})$
- Recharge nappe au droit d'un plan d'eau = $\text{Pluie} - \text{Evaporation laquelle est considérée équivalente à l'évapotranspiration potentielle (P-ETP)}$

L'évaluation de l'incidence est faite sur quelques années caractéristiques entre 2000 et 2019 représentant des situations hydrologiques contrastées : humide, moyenne, sèche, très sèche (Tableau 7). La caractérisation de ces années s'appuie sur la différence entre les pluviométries et l'évapotranspiration potentielle, lesquelles peuvent présenter des variations annuelles particulières. Les données climatologiques les plus représentatives du secteur sont celles de Saint-Philbert-de-Grandlieu, donc prises en compte pour l'évaluation. Celles de la station de Nantes (moyennes sur 30 ans) sont rappelées pour mémoire.

Par ailleurs, les calculs de calage du modèle ont démontré une recharge moyenne de 345mm en 2003, équivalent à 95% de la pluie efficace déduite du bilan hydrique en considérant une RFU de 100mm. Ce ratio de 95% est donc considéré comme pertinent dans l'approche pour d'autres situations pluviométriques.

En **année moyenne** (équivalente à 2003), la recharge de la nappe serait de l'ordre de 104mm au droit d'un plan d'eau, et de l'ordre de 345mm au droit de couvert végétal. Ainsi, la perte par évaporation serait de 241mm, équivalent à **2 410 m³/an/ha de plan d'eau**.

A terme, le projet d'extension induira la création d'un plan d'eau de 22 ha et le remblaiement de 14 ha de plans d'eau prévus dans la cadre de l'arrêté préfectoral actuel. Ainsi, le projet induit une augmentation de la surface en plan d'eau de 8 ha.

Sur l'hypothèse de cette augmentation de la surface de plan d'eau de 8 ha, le déficit de recharge de la nappe sera d'environ **19 300 m³/an**.

En année sèche (*lorsque le différentiel entre les pluies et l'évapotranspiration est plus faible qu'en année moyenne*), cette même approche induirait une perte d'eau liée à l'évaporation de **1 780 m³/an/ha de plan d'eau**.

En année très sèche (*lorsque le différentiel entre les pluies et l'évapotranspiration est plus faible qu'en année sèche*), équivalente à l'année 2005, la perte d'eau liée à l'évaporation serait très importante, notamment en période estivale. Elle est estimée à **4 350 m³/an/ha de plan d'eau**.

Tableau 7 : Evaluation du déficit de recharge au droit des plans d'eau en comparaison aux terrains actuels

	Station météo de Nantes-Bouguenais	Station météo de St-Philbert-de-Grandlieu			
	Normale 1991-2020	2014 (année moyenne un peu humide)	2003 (année moyenne)	Sèche (2017) – prise en compte pour le modèle	Très sèche (2005)
Pluie	820	1059mm	939mm	722mm	547mm
ETP	870	912mm	836mm	716mm	948mm
P-ETP (= recharge de la nappe au droit d'un plan d'eau)	-50mm	147mm	104mm	6mm	-400mm
Pluie efficace (déduite du bilan hydrique sur la base d'une RFU de 100mm)	237	379mm	363mm	193mm	36mm
Recharge de la nappe au droit d'une zone en couvert végétal (95% des pluies efficaces)	225	360mm	345mm	184mm	35mm
Déficit de recharge entre plan d'eau et couvert végétal (mm)	(-50-225) Perte de 275 mm	(147-360) Perte de 213mm	(104-345) Perte de 241mm	(6-184) Perte de 178mm	(-400-35) Perte de 435mm
Déficit de recharge entre plan d'eau et couvert végétal (m³/an/ha de plan d'eau)	2 750 m ³ /an/ha de plan d'eau	2 130 m ³ /an/ha de plan d'eau	2 410 m³/an/ha de plan d'eau	1 780 m ³ /an/ha de plan d'eau	4 350 m ³ /an/ha de plan d'eau

1mm = 1l/m² = 10 m³/ha

Synthèse

En considérant une année moyenne (2003), le volume d'eau ne contribuant pas à la recharge de la nappe (humidité des matériaux exportés + évaporation) sera en moyenne de 36 800 m³/an.

Le volume annuel de non recharge de la nappe (36 800 m³) représente moins de 0,14% du volume total d'eau estimé dans l'aquifère (estimation faite à partir du modèle hydrogéologique réalisé entre l'amont du bassin environ 1km en aval de la RD178) – 28 Mm³.

Rapporté à la surface du modèle hydrogéologique (14,29 km²), ce volume représente une lame d'eau de moins de 3 mm.

Rapporté à la surface de la masse d'eau « des Sables du bassin tertiaire du Lac de Grand Lieu » (260.59 km²), ce volume représente une lame d'eau de l'ordre de 0.4 mm.

Enfin, la forte perméabilité des matériaux sableux implique de rapides équilibres piézométriques. L'export d'eau et l'évaporation seront donc sans incidence sur la dynamique des écoulements souterrains.

3.1.1.2 - Au terme de l'exploitation

Au terme de l'exploitation, les quantités d'eau ne venant pas recharger la nappe sont celles associées à l'évaporation au droit des plans d'eau résiduels.

En considérant la surface de tous les plans d'eau créés (43,2 ha = 21,2 ha qui sortiront de l'emprise de la carrière en 2025, et 22 ha créé sur l'extension) et un déficit de recharge de la nappe de 2 410 m³/an/ha (voir ci-dessus), le volume est estimé à environ 104 000 m³/an. Ce volume représentera une lame d'eau de l'ordre de 7 mm à l'échelle du bassin hydrologiques (de l'amont jusqu'au hameau des Grolles).

L'augmentation de surface de plan d'eau par rapport à la surface autorisée actuellement par l'arrêté préfectoral se limite à 8 ha ce qui représente une augmentation du déficit de recharge de la nappe d'environ 19 300 m³/an (lame d'eau d'environ 1,5mm à l'échelle du bassin hydrogéologique considéré).

Cela représente environ **0.07% du volume d'eau contenu dans l'aquifère sableux** au droit de la zone modélisée (entre l'amont du bassin et environ 1 km en aval de la RD178) - (14.29 km² pour 28 Mm³).

En considérant une géométrie d'aquifère à l'échelle de la masse d'eau « Sables du bassin tertiaire du Lac de Grand Lieu », qui s'étend sur 260.59 km², comparable à celle de l'aquifère modélisé, le volume évaporé par les nouveaux plans d'eau représenterait moins de 0.004% du volume d'eau souterraine.

En conséquence, ce volume de non recharge de la nappe a une incidence négligeable sur la ressource locale.

3.1.2 - INCIDENCES SUR LES OUVRAGES VOISINS

3.1.2.1 - Incidences théoriques d'une sablière

En domaine sédimentaire, tel que celui rencontré au droit des sablières de Saint-Colomban, la nappe est rechargée par les précipitations directes, lesquelles sont efficaces en période hivernale. Elle se vidange naturellement dans des cours d'eau, en l'occurrence le ruisseau du Redour (drain principal) et le ruisseau de la Mandironnière. Ainsi, la nappe a un cycle annuel de recharge tous les hivers jusqu'au début du printemps, puis de vidange durant l'été et jusqu'au début de l'automne.

L'extraction de matériaux sableux induit un bassin qui se remplit et s'équilibre naturellement par l'eau de la nappe (Figure 16). Ainsi, cet aménagement conduit à une modification locale des niveaux d'eau : abaissement en amont et élévation en aval (comme indiqué sur les cartes piézométriques). L'incidence est proportionnelle à la surface de plan d'eau créé. Aussi, cette surface en eau favorise l'inertie et donc limitera les variations de niveaux de nappe entre les périodes d'étiage et de hautes eaux notamment au droit du hameau de la Douve. Le projet d'extension s'éloigne de la vallée du Redour. En conséquence, la création du nouveau plan d'eau est sans incidence directe sur les niveaux de nappe au droit de la vallée du Redour.

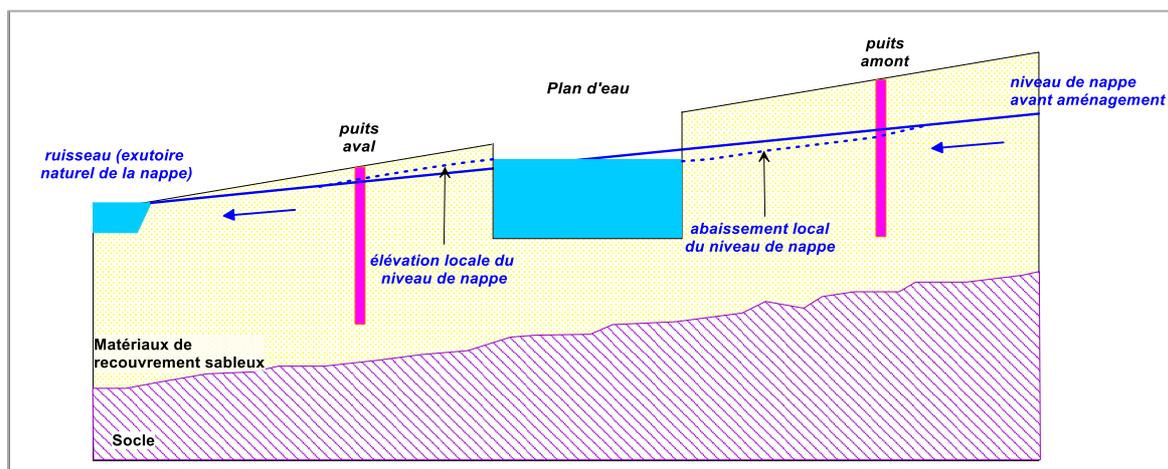


Figure 16 : Principe hydrogéologique schématique de la création d'un plan d'eau en domaine sédimentaire

Après exploitation des matériaux sableux, GSM a prévu de combler certains bassins par les refus d'exploitation (fines). Ces fines vont se colmater et offrir une moindre perméabilité que celle des sables constitutifs de l'aquifère. En conséquence, cela va avoir un effet barrière aux écoulements souterrains. Ainsi, les niveaux piézométriques théoriques des ouvrages situés à l'amont de ces bassins comblés vont s'élever et ceux des ouvrages en aval vont baisser (Figure 17).

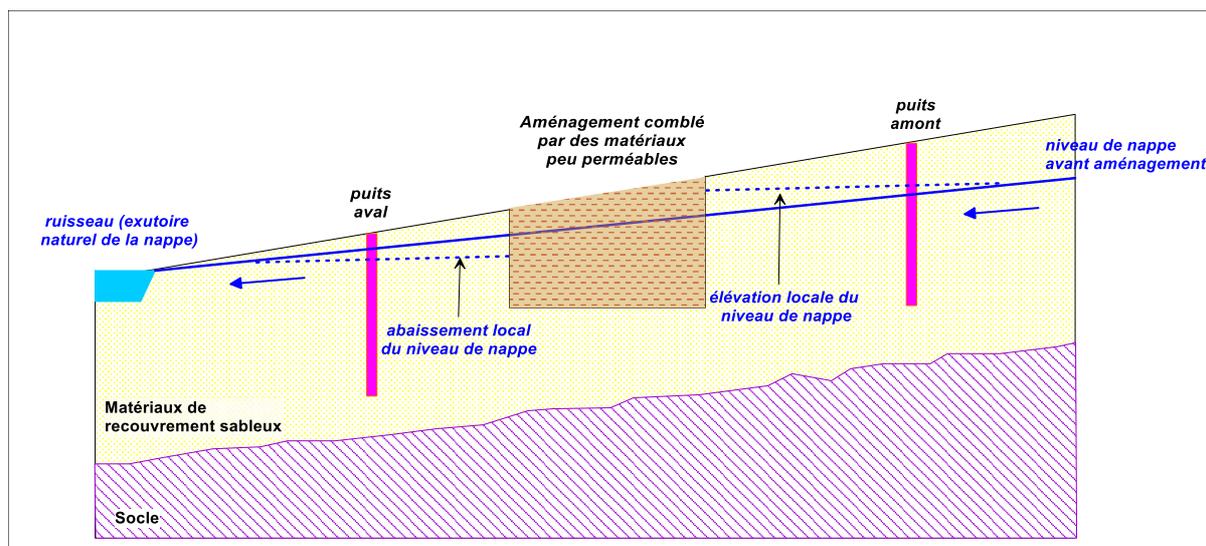


Figure 17 : Principe hydrogéologique schématique du comblement d'une excavation en domaine sédimentaire

3.1.2.2 - Evaluation des incidences à partir de la modélisation

Les simulations réalisées avec le modèle hydrogéologique permettent d'estimer les piézométries moyennes annuelles. Bien que considérant une recharge de nappe équivalente à une année quinquennale sèche, ces simulations ne traduisent pas les niveaux extrêmes pouvant être observés en période de basses eaux et de hautes eaux.

Rappelons aussi que la précision du modèle est au mieux de 25cm.

Le Tableau 8 reprend les écarts de piézométries simulées au point de référence des hameaux proches du projet aux 3 phases d'exploitation et en situation réaménagée.

Dans le secteur Sud de la Brosse-Gaspaille (Pts 5-G-S2), les niveaux d'eaux moyens connaîtront un abaissement de moins de 20 cm au maximum tout au long de l'exploitation de l'extension, ainsi qu'au terme de l'exploitation.

Au point de référence « Test_DB_S2 » situé entre la Douve et la Bregeonnée, l'incidence piézométrique sera d'une vingtaine de centimètres durant l'exploitation et d'une dizaine de centimètres maximum au terme de l'exploitation.

Au Marais Gâté, les niveaux d'eau simulés seront proches du niveau de référence au début d'exploitation. Un abaissement de niveau va apparaître puis augmenter au cours de l'exploitation, pour atteindre 15cm au terme de l'exploitation.

Tableau 8 : Synthèse des écarts piézométriques simulées aux points de référence entre les différentes phases d'exploitation et la période de référence 2003

Secteur	Point de référence	Simulation 2003 (cote en mNGF)	Ecart/2003 (m)			
			2024-2025 (S1bV10G)	2034 (S2bV10GSL)	2035 (S3bV10GSL)	2041 (S4b2V10GSL)
Brosse Gaspaille	Pts 5-G-S2	21.62	-0.17	-0.15	-0.18	-0.13
Douve / Brégeonnée (route)	Test_DB-S2	24.42	-0.22	-0.17	-0.20	-0.13
Marais Gâté	Pts 19-G-S2	21.21	+0.01	-0.11	-0.12	-0.15

NB : toutes les cotes piézométriques sont tirées de simulations.

3.1.2.3 - Evaluation des incidences spécifiques par ouvrages

En complément, l'incidence du projet d'extension de la sablière de la Grande Garde a été évaluée individuellement sur chaque puits dont leurs caractéristiques nous sont connues.

Pour cela, il a été réalisé pour chaque puits :

- une estimation de la hauteur d'eau résiduelle moyenne annuelle future en année quinquennale sèche à partir des simulations (en phase exploitation et post-exploitation),
- un rappel de la hauteur d'eau résiduelle la plus faible mesurée et la date de survenance de l'évènement,

Ensuite, il a été estimé la hauteur d'eau résiduelle future en période de basses eaux.

En raison des incertitudes, les 4 gammes proposées sont données en mètre : <1m, 1-2m, 2-3m, >3m (Tableau 9).

La case colorée indique l'ouvrage pour lesquels les simulations montrent une dégradation potentielle vis-à-vis de la situation historique. Il s'agit du puits 22 à la Douve utilisé pour l'eau potable sans raccordement au réseau d'eau public. Ceci étant, l'ouvrage n'étant mesuré que depuis 2022, il est possible que des niveaux d'eau plus bas soient survenus antérieurement.

Sur les hameaux périphériques au projet d'extension, La Douve, Brosse Gaspaille, Marais Gâté, 1 second puits utilisé pour l'eau potable sans raccordement au réseau d'eau public devrait avoir une hauteur d'eau résiduelle de moins de 1m (puits 5) en période d'étiage, situation déjà enregistrée précédemment.

Ainsi, l'exploitation de la carrière de la Grande Garde telle que projetée aura un incidence piézométrique faible sur les puits périphériques de la carrière existante et de son extension projetée.

Tableau 9 : Estimation des hauteurs d'eau résiduelles en basses eaux avec le projet au droit des puits du Maris Gâté, de la Douve et de la Brosse Gaspaille

Type	Identifiant	Village	cote_rep	Cote_TN	Profondeur_m	Cote_fond_mNGF	Usage	Période de suivi	Hauteur d'eau résiduelle moyenne annuelle simulée en année quinquennale sèche	Hauteur d'eau résiduelle la plus faible mesurée (m)	Date de la hauteur d'eau résiduelle mesurée la plus faible	Hauteur d'eau résiduelle en basses eaux estimée avec le projet
puits	Puits_H	Douve		26.9*	4.3	22.6	AEP (utilise peu le réseau public)	Pas de suivi	<1m	non déterminé	non déterminé	<1m
puits	57	Marais Gate	24.16	23.48	5.45	18.71	AEP et domestique (raccordé au réseau public)	2020-2022	2-3m	1.1	19/10/2022	1-2m
puits	Puits 5	Brosse Gaspaille	26.08		6.65	19.43	AEP, non raccordé au réseau public	Pas de suivi	2-3m	0.9	29/10/2019	<1m
puits	Puits_F	Brosse Gaspaille		27.1*	9	18.1	AEP, non raccordé au réseau public	Pas de suivi	>3m	non déterminé	non déterminé	>3m
puits	puits 22	Brosse	26.14		6.1	20.04	AEP, non raccordé au	2022	1-2m	2.6	25/10/2022	1-2m
puits	Puits 18	Marais Gate	22.92		3.90	19.02	Arrosage		1-2m	0.5	30/05/2017	<1m
puits	Puits 19	Marais Gate	24.57		7.80	16.77	Arrosage		>3m	2.4	20/10/2017	2-3m
puits	39	Douve	26.77	26.48	4.5	21.98	Inconnu	2020-2022	1-2m	1.9	08/09/2022	1-2m
puits	Puits 20	Marais Gate	21.35		5.30	16.05	Suivi	2018-2022	>3m	2.6	03/10/2018	2-3m
puits	Puits 21	Marais Gate	24.1		8.60	15.50	Suivi	2018-2022	>3m	3.2	03/10/2018	>3m

*relevé d'après carte IGN

3.1.3 - INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

3.1.3.1 - Installation d'un trop plein

L'extension de la sablière de la Grande Garde avec notamment la mise en eau du bassin 1 en 2024-2025, va s'accompagner de la mise en place d'un trop plein. Installé au point bas, au nord-ouest, il permettra d'évacuer le trop-plein de la nappe vers la zone de Hauts-Fonds. La cote fil d'eau de cet équipement sera fixée à 22,25 mNGF.

Par un système de surverse, les eaux transiteront dans deux plans d'eau avant rejet au milieu superficiel, comme cela existe déjà au nord-ouest de la carrière actuelle. Ainsi, les eaux seront rejetées dans un fossé le quel s'évacuera vers le Redour (exutoire naturel de la nappe).

Le dispositif actuellement en place sera conservé (buse + vanne) avec une cote fil d'eau du point de rejet à la cote 17,70 mNGF. De même, ces rejets resteront comptabilisés.

3.1.3.2 - Débit du trop plein

L'analyse des suivis des débits sortant du bassin B5 montre que « les écoulements sortant de la carrière de la Grande Garde sont en relation avec les niveaux de nappe globaux, mais aussi en lien avec le système d'exploitation de la carrière qui peut induire plus ou moins de volume d'eaux rejetées au milieu naturel ».

Le modèle hydrogéologique est réalisé en régime permanent, c'est-à-dire qu'il intègre et fournit des niveaux moyens annuels. Il ne peut pas fournir de débit instantané mais un volume total annuel qu'il est possible de moyenniser.

Aussi, les simulations ont porté sur l'évaluation des incidences en situation critique sèche, notamment pour évaluer les potentiels assèchements de cours d'eau. Il a donc été intégré des pluviométries d'année quinquennale sèche. Les niveaux de nappe (et les éventuels bilans volumétriques qui pourraient être faits) obtenus par les simulations traduisent des années sèches. Nous ne disposons donc pas des données de niveaux de nappe en année humide à partir desquels nous pourrions évaluer des débits sortant du futur grand plan d'eau.

Ceci étant, le futur plan d'eau créé au terme de l'extension s'intègre dans le bassin versant hydrogéologique des plans d'eau actuels de la carrière de la Grande Garde, mais aussi dans le bassin versant des plans d'eau en 2009 lors de l'enregistrement du maximum de débit de trop plein (3300 m³/j).

En conséquence, le débit maximum du trop-plein en sortie du bassin B5 devrait rester comparable à celui déjà observé.

Le contrôle régulier de cet équipement permettra de vérifier le non dépassement du débit de rejet autorisé. Le cas échéant, une réhausse de la cote de cette surverse pourrait être étudiée.

3.1.3.3 - Débit des cours d'eau

L'évaluation des incidences du projet est faite à partir des données de 3 simulations : celle de référence sans aucun aménagement (comparable à 2003), celle avec le réaménagement des seules carrières existantes de GSM et LG (simulation S4V10SGSL), celle des réaménagements de la carrière GSM et de son extension ainsi que de la carrière actuelle de LG (simulation S4b2V10GSL).

Pour rappel, ces simulations prennent en compte une situation hydrologique et hydrogéologique de type quinquennale sèche.

Pour chaque simulation, des bilans volumétriques sont établis pour vérifier les équilibres entre les entrées et les sorties du système. Ainsi, il est comptabilisé le volume d'eau apporté par la nappe au débit du Redour depuis sa source jusqu'à la sortie du modèle – entre les Grolles et la Merlennerie.

Le modèle étant réalisé en régime permanent (situation moyenne annuelle), il n'est pas possible d'en extraire les données à des périodes hydrologiques particulières

Les extractions des simulations montrent :

Tableau 10 : Evaluation des variations de débits apportés par la nappe au cours d'eau entre les différentes situations

		Limite	Redour de la source jusqu'à la sortie du modèle – entre les Grolles et la Merlennerie) et Trois Marais (affluent du Redour)	Mandironnière aval + Drain Sud = Mandironnière (de la source à la sortie du modèle – Les Rimans)	Cumul des deux cours d'eau
Apport depuis la nappe des sables au débit des cours d'eau	Débit (m ³ /j)	Situation de référence	4 267	1 786	6 053
		Situation réaménagement des carrières actuelles (S4V10SGSL)	3 922	1 615	5 537
		Situation réaménagement carrière Grande Gard + extension (GSM), et carrière actuelle de la gagnerie (LG) (S4b2V10GSL)	3 754	1 677	5 431
		Situation réaménagement carrière Grande Gard + extension (GSM), et carrière actuelle de la gagnerie + extension (LG) (S4V10L)	3 591	1 733	5 324
	Variation de débit	Entre référence et S4V10SGSL	- 8%	- 10%	- 8%
		Entre S4V10SGSL et S4b2V10GSL	- 4%	+ 4%	- 2%
		Entre référence et S4b2V10GSL	- 12%	- 6%	- 10%
		Entre S4b2V10GSL et S4V10L	- 4%	+ 3%	- 2%
		Entre référence et S4V10L	- 16%	- 3%	- 12%

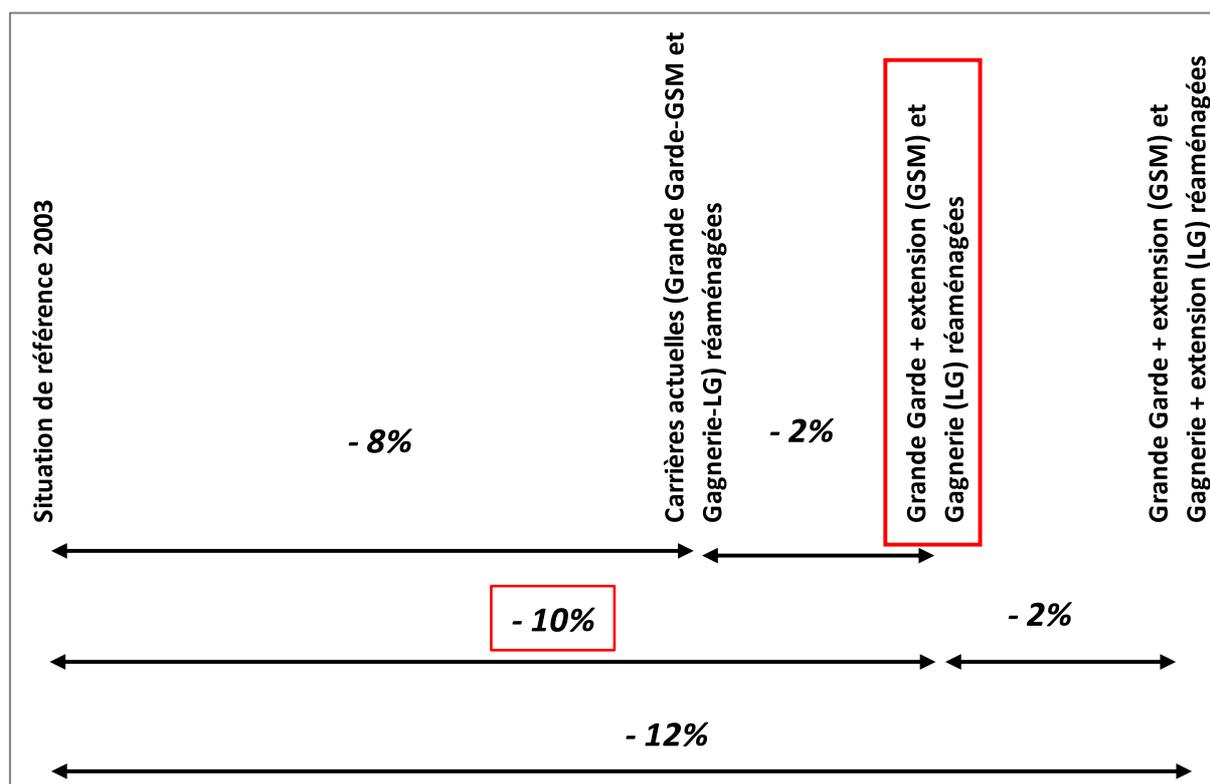


Figure 18 : Evaluation de la baisse des débits en fonction des projets

Ces variations d'apport de la nappe aux débits des cours d'eau sont en lien avec les pertes par évaporation, les exports d'eaux via les matériaux et les incertitudes.

Rappelons qu'il s'agit de calculs mathématiques théoriques.

La variation de débit sur le ruisseau de la Mandironnière entre la situation de référence et la situation projetée est de 6%. Notons une légère augmentation des débits sur ce cours d'eau entre la situation « actuelle » (= sites de Grande Garde réaménagée sans extension) et la situation projetée (+4%).

Sur le Redour, la variation de débit serait de l'ordre de 12% entre la situation de référence et celle projetée. D'ores et déjà, les carrières actuelles (GSM et LG) réaménagées engendreraient une réduction du débit de l'ordre de 8%. Donc l'incidence plus spécifique de du projet d'extension est d'environ 4% par rapport à la situation « actuelle ».

Une approche globale des deux cours d'eau exutoires naturels de la nappe montre que la réduction des débits serait de 10% entre une situation historique de référence et une situation projetée ; tout en sachant que les carrières actuelles auraient déjà induit un abaissement de 8% du débit des cours d'eau.

L'ajout du projet d'extension de la sablière de la Gagnerie par LG aurait induit une réduction supplémentaire de débit de 2%.

Aussi, notons que la variation de débit calculé pour le projet GSM n'intègre pas les volumes d'eau apportés par la nappe depuis les autres rives des cours d'eau : depuis la rive droite pour le Redour, depuis la rive gauche pour la Mandironnière.

Pour le Redour, la surface de bassin versant en considérant la limite Ouest du modèle est d'environ 1475ha. La partie de ce bassin versant intégrée au modèle hydrogéologique est de 726ha, soit 49%. En considérant que l'apport d'eau par la nappe des sables pliocènes au débit du Redour est homogène et proportionnel à la surface, le Redour serait alimenté à 49% par la zone simulée. Ainsi, 51% du débit viendrait depuis la rive droite.

Pour la Mandironnière, la surface de bassin versant en considérant la limite Ouest du modèle est d'environ 646ha. La partie de ce bassin versant intégrée au modèle hydrogéologique est de 342ha, soit 53%. En considérant que l'apport d'eau par la nappe des sables pliocènes au débit de la Mandironnière est homogène et proportionnel à la surface, la Mandironnière serait alimenté à 53% par la zone simulée. Ainsi, 47% du débit viendrait depuis la rive droite.

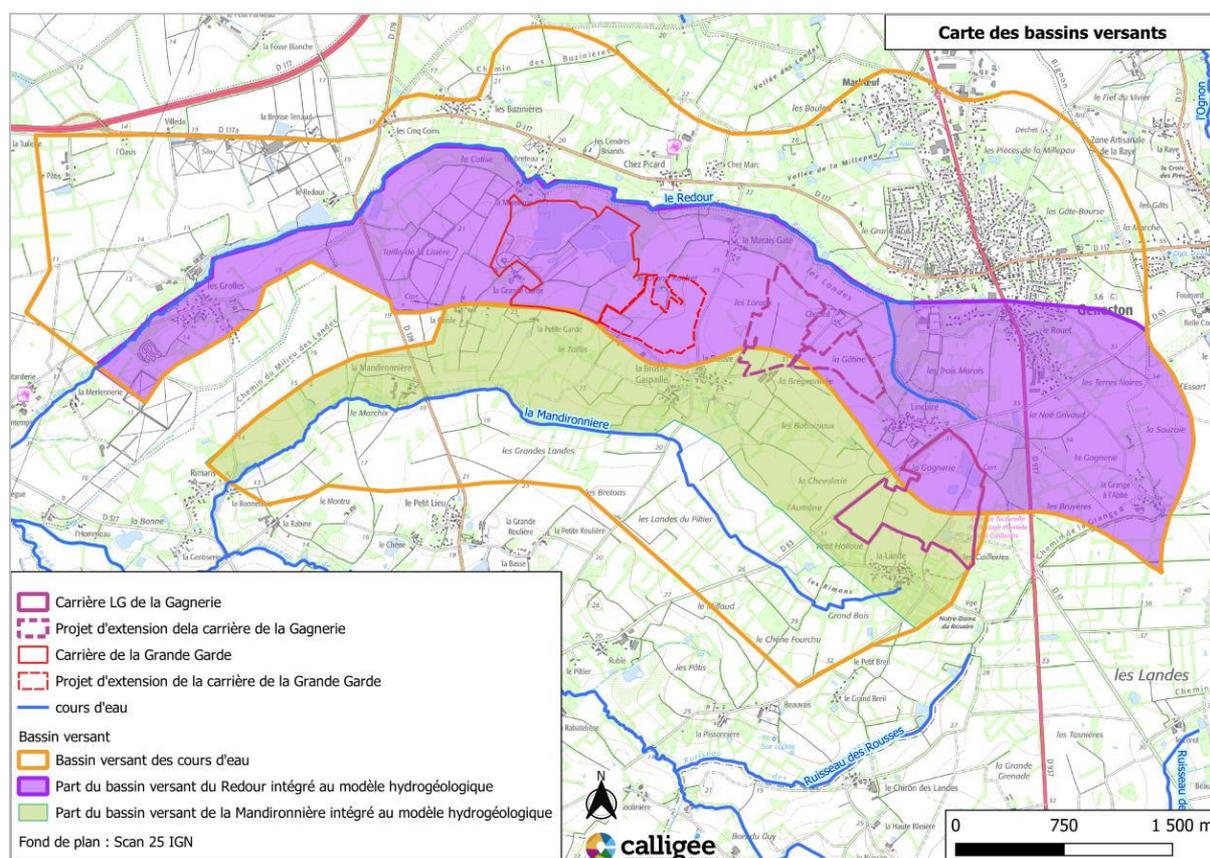


Figure 19 : Carte du bassin versant et de la part intégrée au modèle hydrogéologique

En conséquence, l'incidence du projet d'extension de la carrière de la Grande-Garde sur le débit total des cours d'eau serait d'environ 5% en comparaison à une situation avant tout aménagement. Cette incidence ne serait que de 1% en comparaison à la situation actuelle (carrières actuelles Grande-Garde et Gagnerie réaménagées).

Rappelons que c'est une évaluation moyennisée sur l'année qui ne traduit pas les éventuelles variations saisonnières.

Aussi, GSM réalise un suivi mensuel des niveaux d'eaux dans le Redour, mais aussi dans le ruisseau de la Mandironnière au sud, afin d'évaluer d'éventuelles variations d'écoulement.

En conséquence, l'exploitation de la carrière et son réaménagement auront une incidence limitée sur la quantité des eaux superficielles.



Figure 20 : Principes de remise en état du site (source : GSM)

3.2 - INCIDENCES QUALITATIVES

3.2.1 - INCIDENCES SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

3.2.1.1 - Phase exploitation

En phase d'exploitation, les eaux de ruissellement transitent dans des bassins tampons avant d'être rejetées au milieu naturel via un exutoire qui sera mis en place au nord-ouest de l'extension pour un rejet in-fine dans le ruisseau du Redour.

Les boues résultant du process de criblage et du nettoyage des matériaux sont évacuées dans des bassins de décantation dont le surplus s'évacue par surverse (implanté

à l'opposé de l'arrivée de boues) en cascade dans d'autres bassins. L'ensemble rejoint le bassin central sur lequel est installée la surverse au milieu naturel.

Pour le process, il n'est pas utilisé de traitement chimique.

En conséquence, l'exploitation de la carrière sera sans incidence sur la qualité des eaux superficielles en phase exploitation.

3.2.1.2 - Phase réaménagement

Après réaménagement du site, l'exutoire du grand bassin central sera toujours fonctionnel permettant l'évacuation du trop plein du plan d'eau. Cette eau sera de qualité comparable à celle de la nappe qui est drainée naturellement par le Redour.

En conséquence, la carrière réaménagée sera sans incidence sur la qualité des eaux du Redour post exploitation.

3.2.2 - INCIDENCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

L'extraction de sables implique une mise à l'affleurement de la nappe. Cette création de plan d'eau ne génère pas de modification de la qualité des eaux, mais elle augmente par ailleurs le risque de pollution en créant un point d'accès direct à la nappe. Il conviendra donc potentiellement de réglementer les accès aux plans d'eau.

Certains bassins seront comblés par des boues correspondant à des argiles présentes naturellement dans les matériaux extraits, lesquelles sont issues du process pour lequel il n'est pas utilisé de produits chimiques. Le remblaiement par ces matériaux sera sans incidence pour la qualité des eaux souterraines.

D'autres bassins seront comblés par des matériaux inertes, lesquels répondront aux critères d'acceptabilité en ISDI. De plus, il ne s'agit que de produit de découverte de terrassement. Aucun produit de démolition ne sera mis en œuvre. Par conséquent, le remblaiement par ces matériaux inertes sera sans incidence sur la qualité des eaux souterraines.

En conséquence, le projet de carrière sera sans incidence sur la qualité des eaux souterraines.

3.3 - INCIDENCES SUR LES ZONES HUMIDES

Les éventuelles zones humides en lien avec la nappe des sables pliocènes situées à proximité du projet ne seront globalement pas affectées par le projet car les niveaux moyens de nappe resteront comparables ou légèrement inférieurs à ceux simulés pour une année quinquennale sèche de référence.

L'exploitation est réalisée sans modulation des niveaux d'eau donc sans fluctuation majeure des niveaux piézométriques.

Ceci étant une attention particulière sera portée à la zone naturelle entourée par le projet. Il sera notamment installé une échelle limnimétrique dans la mare existante. Cet équipement sera suivi mensuellement pour vérifier l'absence d'incidence.



4 Conclusion

Les dernières simulations hydrogéologiques réalisées pour le projet d'extension de la carrière de la Grande Garde de GSM, et en l'absence du projet d'extension de LG, montre en situation quinquennale sèche, des piézométries simulées en 2024-2025, 2034, 2035 et après réaménagement proches de la piézométrie simulée en situation initiale en année quinquennale sèche.

Les niveaux moyens d'eau des puits des hameaux périphériques (Marais Gâté, La Brosse Gaspaille, La Douve, La Garde) seront comparables aux niveaux de référence (abaissement de 25cm maximum).

OBSERVATIONS IMPORTANTES

CONDITIONS DE VALIDITE DE L'ETUDE

1 - Le présent rapport et ses annexes (planches, plans hors-texte, etc.) constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou d'une reproduction partielle ne sauraient engager la société CALLIGEE.

2 - La société CALLIGEE ne peut être rendue responsable des modifications apportées au présent rapport sans son consentement écrit.

3 - Les conclusions de l'étude sont établies à partir d'informations disponibles fournies et collectées et de mesures et échantillonnages limités dans l'espace et le temps, qui ne permettent pas de présager d'hétérogénéités naturelles ou artificielles des milieux et de variations temporelles des conditions physiques (météorologie, période hydrologique, occupation des sols, activités anthropiques, etc.).

Les méthodes de reconnaissance et de caractérisation du sol et sous-sol et des eaux souterraines et superficielles sont ponctuelles et ne sauraient être représentatives d'une zone plus étendue. Sauf mention contraire, les incertitudes associées aux méthodes, échantillonnage et analyses ne sont pas prises en compte dans le rapport. Les méthodes de reconnaissance géophysique étant quant à elles de nature indirecte et non destructive, les résultats qui en découlent résultent d'interprétations sur la base de jugement professionnel et scientifique.

4 - Les résultats de l'étude sont valables uniquement dans le cadre de la demande et des hypothèses formulées par le client. Ils ont été établis en fonction des caractéristiques de son projet prévalant au moment où l'étude a été réalisée.

5 - Si, en l'absence de fourniture de l'ensemble des données demandées dans son offre, et à défaut de disposer de données précises spécifiques à la zone étudiée, la société CALLIGEE a été amenée dans le présent rapport à faire des hypothèses sur le projet, il appartient au client ou à son maître d'œuvre de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison être reproché à CALLIGEE d'avoir établi son étude sur la base desdites hypothèses.

6 - Toute modification ultérieure du projet concernant la conception, l'implantation, et/ou le niveau, la taille des ouvrages ne pourra pas être prise en compte dans le rapport. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caduque certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.

7 - Les conclusions de l'étude sont valables à la date de rédaction du présent rapport suivant la réglementation en vigueur à cette même date. Toute évolution réglementaire postérieure à la réalisation de l'étude devra être prise en compte par le client.

8 - L'utilisation des résultats de CALLIGEE pour chiffrer un coût autre qu'estimatif de travaux ou d'infrastructures ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de CALLIGEE.



calligée
SCIENCES & TECHNIQUES GÉOLOGIQUES

-  géologie & géophysique
 -  hydrogéologie
 -  eaux superficielles & eaux usées
 -  sites et sols pollués
 -  géomatique & cartographie
-

ANNEXE 7. VOLET NATUREL DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Ouest'AM, mars 2023



**PROJET D'EXTENSION ET DE RENOUVELLEMENT
D'AUTORISATION DE SABLIERE**

VOLET NATURALISTE DE L'ETUDE D'IMPACT

Commune de Saint-Colomban (44)

OUEST AM'

Avril 2025

Agence de Nantes
5 boulevard Ampère
44470 Carquefou
tél : 02 40 94 92 40
nantes@ouestam.fr



Ouest am'

Développement et aménagement des territoires

Ce document a été réalisé par :

Vincent VOELTZEL (coordination, flore, amphibiens, reptiles et insectes)

Élise GHESQUIÈRE (pédologie)

Marc BELLION (oiseaux)

Willy MAILLARD (oiseaux)

Pascal BELLION (oiseaux)

Thomas PERRONNO (oiseaux, chiroptères, reptiles, insectes)

Alexane BROUSSIN (chiroptères)

Chloé TANTON (chiroptères)

Synthèse des inventaires de terrain

	Date des sorties	Nature de l'inventaire	Intervenant
Extension	12 février 2020	Pédologie	Élise Ghesquière
	26 février 2020 (diurne)	oiseaux hivernage, recherche du Grand Capricorne	Pascal Bellion
	7 avril 2020 (diurne)	oiseaux migration prénuptiale/reproduction, mammifères, reptiles, insectes	Willy Maillard
	13 mai 2020 (diurne)	Habitats, flore, oiseaux reproduction, mammifères, insectes.	Vincent Voeltzel
	13 mai 2020 (nocturne)	amphibiens, insectes	Vincent Voeltzel
	3 juin 2020 (diurne)	Oiseaux reproduction, mammifères, insectes, amphibiens	Marc Bellion
	24 juin 2020	Chiroptères et oiseaux nocturnes, dont Œdicnème criard	Alexane Broussin
	2 juillet 2020	Habitats, flore et zones humides floristiques	Vincent Voeltzel
	6 août 2020	Chiroptères et oiseaux nocturnes, dont Œdicnème criard	Alexane Broussin
	20 août 2020 (diurne)	Oiseaux migration postnuptiale, mammifères, insectes	Willy Maillard
	7 septembre 2020	Oiseaux migration postnuptiale, mammifères, amphibiens, insectes	Marc Bellion
	31 janvier 2023 (nocturne)	Chouette hulotte reproduction	Willy Maillard
Renouvellement	4 février 2021	Oiseaux hivernage	Willy Maillard
	23 mars 2021	Oiseaux migration prénuptiale, mammifères, reptiles, insectes	Thomas Perronno
	23 avril 2021 (diurne)	Habitats et flore, mammifères, reptiles, insectes	Vincent Voeltzel
	23 avril 2021 (nocturne)	Oiseaux reproduction, amphibiens, insectes	Vincent Voeltzel
	5 mai 2021	Oiseaux reproduction, mammifères, reptiles, insectes	Thomas Perronno
	1 ^{er} juin 2021	Habitats et flore, mammifères, amphibiens, reptiles, insectes	Vincent Voeltzel
	1 ^{er} juin 2021	Chiroptères, Grand Capricorne et oiseaux nocturnes, dont Œdicnème criard	Chloé Tanton
	22 juin 2021	Oiseaux reproduction, mammifères, reptiles, insectes	Thomas Perronno
	2 septembre 2021	Flore, mammifères, amphibiens, reptiles, insectes	Vincent Voeltzel
2 septembre 2021	Chiroptères et oiseaux nocturnes, dont Œdicnème criard	Thomas Perronno	

SOMMAIRE

1	PRESENTATION GENERALE – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
1.1	PRESENTATION DU SITE D'ÉTUDE	5
1.2	PRESENTATION DU CONTEXTE ÉCOLOGIQUE	7
1.3	BILAN SUR LES ZONAGES	7
1.4	ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	10
1.4.1	<i>Données de la ligue pour la protection des oiseaux 44</i>	10
1.4.2	<i>Données du groupe mammalogique Breton</i>	10
1.4.3	<i>Données du Conservatoire botanique national de Brest</i>	10
1.4.4	<i>Données du CPIE Loire-Anjou</i>	12
1.4.5	<i>Inventaires de zones humides</i>	12
1.4.6	<i>Schéma régional de cohérence écologique</i>	13
2	HABITATS, FLORE ET PÉDOLOGIE.....	15
2.1	MÉTHODE	15
2.2	RÉSULTATS.....	17
2.2.1	<i>La flore</i>	17
2.2.1.1	Extension	17
2.2.1.2	Renouvellement.....	21
2.2.2	<i>Les habitats</i>	24
2.2.2.1	Extension	24
2.2.2.2	Renouvellement.....	27
2.2.3	<i>Les zones humides</i>	31
2.2.3.1	Extension	31
2.2.3.2	Renouvellement.....	36
3	AVIFAUNE	37
3.1	MÉTHODE	37
3.2	RÉSULTATS.....	39
3.2.1	<i>Extension</i>	39
3.2.1.1	Nicheurs patrimoniaux.....	39
3.2.1.2	Autres espèces nicheuses	41
3.2.1.3	Espèces observées en période internuptiale.....	41
3.2.1.4	Bilan	46
3.2.2	<i>Renouvellement</i>	47
3.2.2.1	Nicheurs patrimoniaux.....	47
3.2.2.2	Nicheurs non patrimoniaux.....	48
3.2.2.3	Espèces observées en période internuptiale.....	49
4	CHIROPTÈRES	56
4.1	MÉTHODE	56
4.1.1	<i>Extension</i>	56
4.1.2	<i>Renouvellement</i>	56
4.1.3	<i>Quantification de l'activité</i>	58
4.2	RÉSULTATS.....	61
4.2.1	<i>Extension</i>	61
4.2.2	<i>Renouvellement</i>	64
5	MAMMIFÈRES, REPTILES, AMPHIBIENS ET INSECTES	69
5.1	MÉTHODE	69
5.1.1	<i>Mammifères terrestres</i>	69
5.1.2	<i>Amphibiens</i>	69
5.1.3	<i>Reptiles</i>	70
5.1.4	<i>Insectes</i>	70
5.2	RÉSULTATS.....	71
5.2.1	<i>Mammifères terrestres</i>	71
5.2.2	<i>Amphibiens</i>	72

5.2.3	<i>Reptiles</i>	73
5.2.4	<i>Insectes</i>	74
5.2.4.1	Odonates.....	74
5.2.4.2	Rhopalocères	74
5.2.4.3	Orthoptères	75
5.2.4.4	Coléoptères saproxyliques.....	76
5.3	BILAN MAMMIFERES, AMPHIBIENS, REPTILES ET INSECTES	77
6	SYNTHESE DES ENJEUX	79
6.1	METHODOLOGIE	79
6.1.1	<i>Zones humides</i>	79
6.1.2	<i>Flore</i>	79
6.1.3	<i>Oiseaux, mammifères hors chiroptères, amphibiens, reptiles et insectes</i>	79
6.1.4	<i>Chiroptères</i>	80
6.1.5	<i>Synthèse des espèces à enjeu</i>	80
6.2	CARTOGRAPHIE DES ENJEUX	81
7	PRESENTATION DU PROJET	83
8	IMPACTS BRUTS DU PROJET	85
8.1	IMPACTS BRUTS DU PROJET SUR LES ZONES HUMIDES	85
8.1.1	<i>Extension</i>	85
8.1.2	<i>Renouvellement</i>	85
8.2	IMPACTS BRUTS DU PROJET SUR LA FAUNE ET LA FLORE	85
8.2.1	<i>Extension</i>	86
8.2.2	<i>Renouvellement</i>	86
9	MESURES D'EVITEMENT D'IMPACT	89
9.1	PRESENTATION DU PROJET MODIFIE	89
9.2	MESURES GENERIQUES.....	92
9.3	ÉVITEMENT DES SECTEURS SENSIBLES.....	92
9.3.1	<i>E1 : évitement du secteur de friche et fourrés au sud-est</i>	92
9.3.2	<i>E2 : évitement de la zone humide au nord</i>	92
9.3.3	<i>E3 : évitement des haies, du bosquet et des fourrés centraux</i>	95
9.3.4	<i>E4 : évitement des haies périphériques</i>	95
10	MESURES DE REDUCTION D'IMPACT	99
10.1	R1 : ADAPTATION DU PLANNING DES TRAVAUX.....	99
10.2	R2 : MAINTIEN D'UNE CONNEXION ENTRE LES ESPACES EVITES ET LES ESPACES PERIPHERIQUES.....	99
11	IMPACTS RESIDUELS	100
12	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT ET DE SUIVI	102
12.1	A1 : PLANTATION DE HAIES	102
12.2	S1 : SUIVI NATURALISTE.....	103
13	CONCLUSION SUR LA NECESSITE D'ELABORER UNE DEMANDE DEROGATION ESPECES PROTEGEES	105
13.1	INCIDENCE DU PROJET SUR LES ZONES HUMIDES.....	105
13.2	IMPACTS RESIDUELS DU PROJET SUR LES ESPECES PROTEGEES.....	105
14	ÉVOLUTION PREVISIBLE SANS PROJET	105
15	INCIDENCES DU PROJET AU TITRE DE NATURA 2000	106
15.1	SITES NATURA 2000 DANS UN RAYON DE 5 KM.....	106
15.2	INCIDENCES POTENTIELLES DU PROJET SUR LES HABITATS ET LES ESPECES D'INTERET COMMUNAUTAIRE	106
15.3	BILAN DE L'ÉVALUATION DES INCIDENCES	106

FIGURES

Figure 1 : localisation de l'aire d'étude	6
Figure 2 : zonages réglementaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude	8
Figure 3 : zonages d'inventaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude	9
Figure 4 : carte de localisation des zones humides	12
Figure 5 : localisation de l'aire d'étude dans le SRCE	14
Figure 6 : tableau du GEPPA	16
Figure 7 : Chrysanthème des moissons (source répartition : Siflore 3 novembre 2020)	18
Figure 8 : Cicendie naine (source répartition : Siflore 3 novembre 2020)	18
Figure 9 : Jonc nain (source répartition : Siflore 3 novembre 2020)	18
Figure 10 : carte de la flore patrimoniale	23
Figure 11 : photographies des habitats – extension	25
Figure 12 : photographies des habitats – renouvellement	28
Figure 13 : carte des habitats	30
Figure 14 : photographies de milieux de l'aire d'étude	33
Figure 15 : sondage pédologique non humide n° 1	34
Figure 16 : carte des zones humides	35
Figure 17 : Cisticole des joncs	41
Figure 18 : Tarier pâte	41
Figure 19 : localisation des nicheurs patrimoniaux contactés sur l'aire d'étude	55
Figure 20 : méthodologie d'inventaire des chiroptères, extension	59
Figure 21 : méthodologie d'inventaire des chiroptères, renouvellement	60
Figure 22 : répartition des contacts par espèce – juin 2020	62
Figure 23 : répartition des contacts par espèce – août 2020	62
Figure 24 : carte des chiroptères – extension	63
Figure 25 : répartition du nombre de contacts par espèce sur l'ensemble des points	65
Figure 26 : répartition du nombre de contacts par espèce sur l'ensemble des points	67
Figure 27 : localisation des plaques de thermorégulation	70
Figure 28 : photographies de Triton marbré et de Couleuvres d'Esculape	73
Figure 29 : châtaignier âgé hébergeant le Grand Capricorne	76
Figure 30 : localisation des amphibiens et reptiles inventoriés sur l'aire d'étude	78
Figure 31 : carte de synthèse des enjeux	82
Figure 32 : schéma général de remise en état avant évitements	84
Figure 33 : périmètre d'exploitation initialement envisagé	90
Figure 34 : schéma général de remise en état après évitements	91
Figure 35 : positionnement actuel de la Cicendie naine par rapport aux hautes et basses eaux	93
Figure 36 : écart entre la piézométrie en 2041 et la piézométrie initiale de 2003	94
Figure 37 : positionnement futur de la Cicendie naine par rapport aux hautes et basses eaux	94
Figure 38 : évitements des secteurs sensibles	96
Figure 39 : évitements des oiseaux nicheurs patrimoniaux	97
Figure 40 : plan d'exploitation	98
Figure 41 : localisation des mesures d'évitement, de réduction et d'accompagnement et des impacts résiduels	104
Figure 42 : principe de la séquence ERC (source : ecologie.gouv.fr)	105

TABLEAUX

Tableau 1 : superficie des périmètres d'étude	5
Tableau 2 : zonages réglementaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude	7
Tableau 3 : zonages d'inventaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude	7
Tableau 4 : données du Groupe mammalogique breton	10
Tableau 5 : données du CBNB concernant les espèces végétales patrimoniales	11
Tableau 6 : dates des inventaires floristiques et pédologiques – extension	15
Tableau 7 : dates des inventaires floristiques et pédologiques – renouvellement	15
Tableau 8 : liste des espèces végétales inventoriées sur l'aire d'étude – extension	19
Tableau 9 : liste des espèces végétales inventoriées sur l'aire d'étude – renouvellement	21
Tableau 10 : habitats recensés au niveau de l'aire d'étude – extension	24
Tableau 11 : habitats recensés au niveau de l'aire d'étude – extension	27
Tableau 12 : résultats des sondages pédologiques	32
Tableau 13 : codification internationale du Comité de l'Atlas Ornithologique Européen	38
Tableau 14 : dates des inventaires ornithologiques – extension.....	38
Tableau 15 : dates des inventaires ornithologiques – renouvellement.....	38
Tableau 16 : espèces d'oiseaux contactées en période de nidification – extension.....	42
Tableau 17 : espèces d'oiseaux contactées en période internuptiale – extension.....	44
Tableau 18 : espèces d'oiseaux contactées en période de nidification – renouvellement.....	50
Tableau 19 : espèces d'oiseaux contactées en période de internuptiale – renouvellement.....	52
Tableau 20 : dates des suivis chiroptérologiques – extension.....	56
Tableau 21 : dates des suivis chiroptérologiques – renouvellement.....	56
Tableau 22 : niveaux de patrimonialité - chiroptères.....	58
Tableau 23 : liste des chiroptères contactés sur l'ensemble de l'aire d'étude – extension.....	61
Tableau 24 : liste des chiroptères contactés sur l'ensemble de l'aire d'étude - renouvellement	64
Tableau 25 : nombre de contacts par heure par points d'écoute	65
Tableau 26 : nombre de contacts par heure par points d'écoute	67
Tableau 27 : dates des inventaires des mammifères, des reptiles, des amphibiens et des insectes - extension	69
Tableau 28 : dates des inventaires des mammifères, des reptiles, des amphibiens et des insectes - renouvellement	69
Tableau 29 : mammifères terrestres inventoriés sur l'aire d'étude – extension	71
Tableau 30 : mammifères terrestres inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement	71
Tableau 31 : amphibiens inventoriés sur l'aire d'étude – extension	72
Tableau 32 : amphibiens inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement	72
Tableau 33 : reptiles inventoriés sur l'aire d'étude – extension.....	73
Tableau 34 : reptiles inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement.....	73
Tableau 35 : odonates inventoriés sur l'aire d'étude – extension.....	74
Tableau 36 : odonates inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement.....	74
Tableau 37 : rhopalocères inventoriés sur l'aire d'étude – extension.....	74
Tableau 38 : rhopalocères inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement.....	75
Tableau 39 : orthoptères inventoriés sur l'aire d'étude – extension.....	75
Tableau 40 : orthoptères inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement.....	76
Tableau 41 : critères d'évaluation du niveau d'enjeu de la flore.....	79
Tableau 42 : classes d'enjeux pour la flore	79
Tableau 43 : critères d'évaluation du niveau d'enjeu de la faune hors chiroptères.....	79
Tableau 44 : classes d'enjeux pour la faune hors chiroptères	79
Tableau 45 : niveaux de patrimonialité - chiroptères.....	80
Tableau 46 : espèces à enjeu pour l'aire d'étude	80
Tableau 47 : impacts bruts – extension	87
Tableau 48 : impacts bruts – renouvellement	88
Tableau 49 : impacts résiduels – extension	101
Tableau 50 : choix des espèces pour les plantations	102

1 PRESENTATION GENERALE – SYNTHÈSE BIOBIBLIOGRAPHIQUE

1.1 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

Le projet consiste en l'extension de la sablière Heidelberg Materials France Granulats (HMF Granulats) de Saint-Colomban, en Loire-Atlantique, et en la poursuite d'activité dans le périmètre des terrains autorisés de la sablière, pour laquelle une autorisation de renouvellement d'exploitation est nécessaire. Il se situe au nord de la commune, à environ 5,3 km du bourg.

Les secteurs en demande de renouvellement sont essentiellement constitués de plans d'eau et de secteurs fortement remaniés, peu végétalisés ; à l'ouest, un petit ensemble bocager avec prairies améliorées et haies anciennes est également intégré au périmètre. Les secteurs concernés par la demande d'extension se composent majoritairement de champs cultivés s'inscrivant dans un contexte de bocage dégradé. Sont également présents une ancienne zone d'extraction de sable, de superficie restreinte, une zone boisée de faible superficie et un petit ensemble de fourrés. L'aire d'étude présente une superficie de 117 ha. Elle intègre l'ensemble des terrains susceptibles d'être directement ou indirectement impactés.

Tableau 1 : superficie des périmètres d'étude

Secteur concerné	Superficie
Aire d'étude (ensemble des terrains inventoriés)	117,3 ha
Terrains autorisés	65,0 ha
Extension	30,3 ha
Renouvellement	32,2 ha



Figure 1 : localisation de l'aire d'étude

1.2 PRESENTATION DU CONTEXTE ECOLOGIQUE

L'analyse porte sur les zonages réglementaires et les inventaires ZNIEFF (zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique) présents dans un rayon de 5 km autour du projet.

L'aire d'étude ne recoupe aucun zonage environnemental. Elle se situe en limite de ZNIEFF de type I.

Deux ZNIEFF et une réserve naturelle régionale sont présentes dans un rayon de 5 km :

- ZNIEFF de type I « Prairies et bois tourbeux du marais Gaté » ;
- ZNIEFF de type I « Bocage relictuel de la lande à Saint-Colomban » ;
- RNR « Bocage humide des Cailleries ».

Tableau 2 : zonages réglementaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude

Code	Distance au site	Nom du site	Intérêt
Réserve naturelle régionale			
-	2,2 km	Bocage humide des Cailleries	Réserve naturelle s'étendant sur 18 hectares, au cœur d'un bassin versant ayant pour exutoire le lac de Grand-Lieu. Site accueillant 3700 m de haies et 13 mares hébergeant notamment le Flûteau nageant et le Crapaud calamite en reproduction.

Tableau 3 : zonages d'inventaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude

Code	Distance au site	Nom du site	Intérêt
ZNIEFF de type I			
520616258	10 m	Prairies et bois tourbeux du marais Gaté	Ensemble de prairies bocagères humides et mésophiles, de boisements marécageux d'Aulne, de Saule et de Myrte des marais et de landes tourbeuses bordant un petit cours d'eau, abritant une flore riche et variée comprenant en particulier plusieurs plantes rares ou protégées dans la région. On y note aussi la présence de deux espèces d'Odonates rares dont une protégée en France, l'Agrion de Mercure
520016248	1,4 km	Bocage relictuel de la lande à Saint-Colomban	Bocage dense relictuel et carrières renfermant de nombreuses mares abritant deux espèces d'amphibiens rares et protégées (Crapaud calamite et Triton crêté). De nombreuses plantes sont également présentes dont trois protégées : Cicendie naine, Flûteau nageant et Pilulaire

1.3 BILAN SUR LES ZONAGES

Les données indiquées dans les ZNIEFF et la RNR du bocage humide des Cailleries nous incitent à rechercher avec une attention particulière les espèces végétales des milieux aquatiques ou humides oligotrophes et les amphibiens. Une attention particulière sera apportée à la recherche du Crapaud calamite.

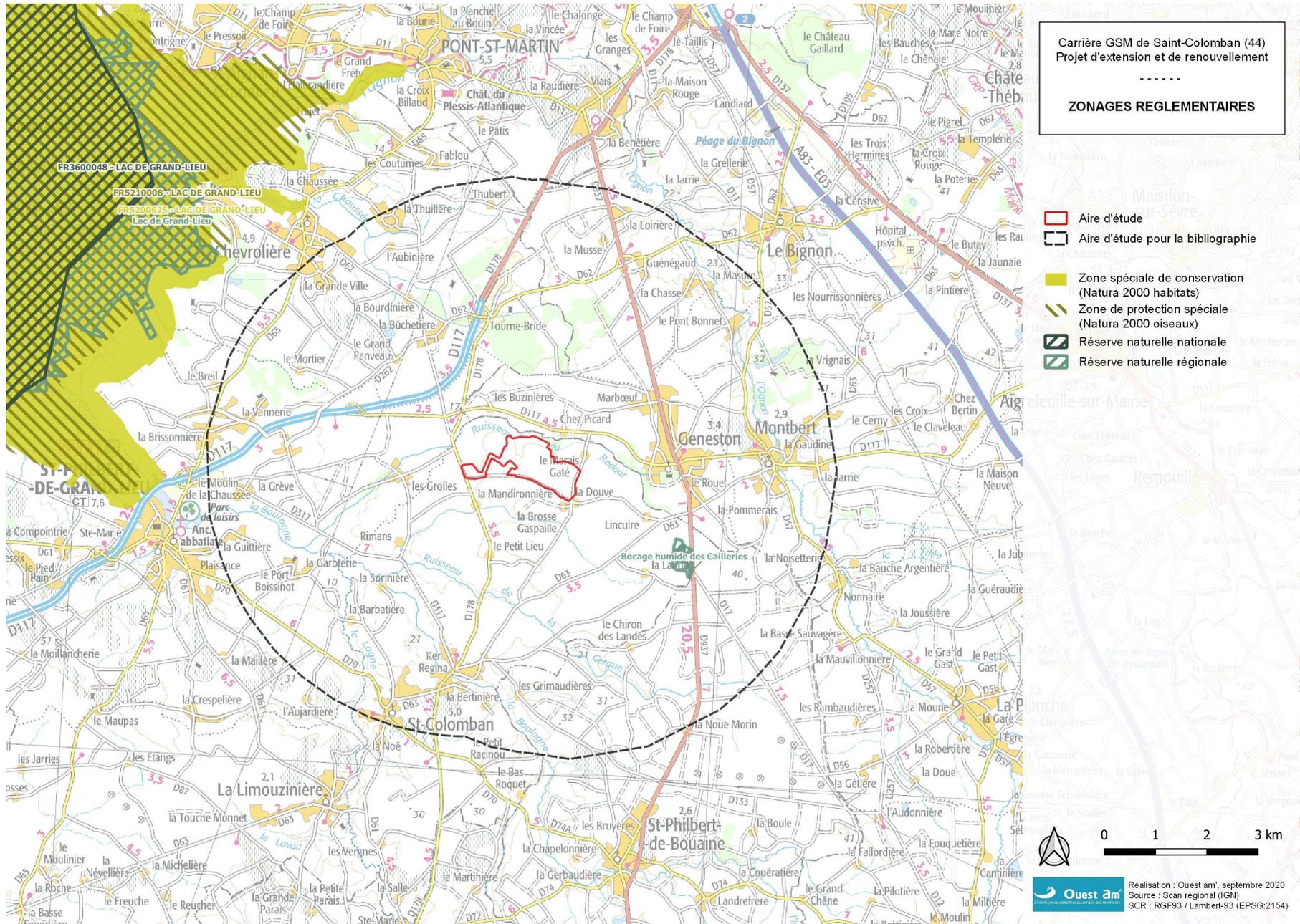


Figure 2 : zonages réglementaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude

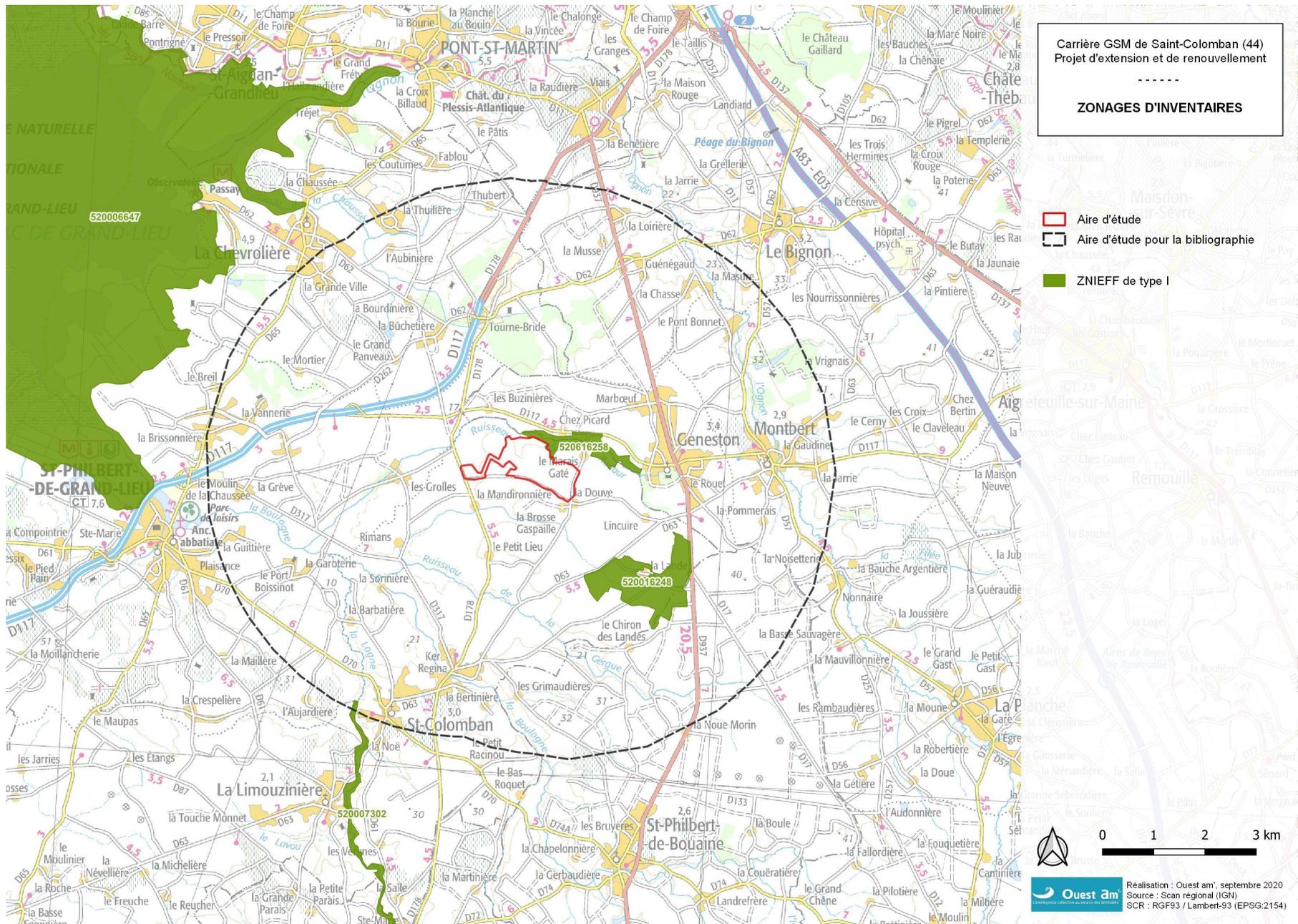


Figure 3 : zonages d'inventaires situés dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude

1.4 ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.4.1 DONNEES DE LA LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX 44

Le site www.faune-loire-atlantique.org, consulté le 25 mai 2022, permet de dresser une liste non exhaustive des espèces d'oiseaux présentes ou historiquement présentes sur les communes de Saint-Colomban, Geneston et Montbert. Sont respectivement recensées sur ces trois communes 112, 77 et 82 espèces d'oiseaux, dont certaines figurent à l'annexe annexe I de la directive Oiseaux ou sur les listes rouges nationale ou régionale. Sont notamment cités l'Alouette lulu et l'Alouette des champs, la Bécasse des bois, la Bondrée apivore, le Bouvreuil pivoine, le Bruant jaune, le Bruant des roseaux, le Busard Saint-Martin, le Chardonneret élégant, le Chevalier guignette, le Courlis cendré, l'Élanion blanc, l'Épervier d'Europe, des goélands, le Faucon pèlerin, la Linotte mélodieuse, le Martin-pêcheur d'Europe, la Mésange noire, les Milans noir et royal, le Moineau friquet, la Mouette mélanocéphale, l'Œdicnème criard, le Pic noir, la Pipit farlouse, le Pouillot fitis, le Rougequeue à front blanc, la Sarcelle d'hiver, le Serin cini, le Tarier pâtre, la tourterelle des bois, le Traquet motteux et le Verdier d'Europe.

1.4.2 DONNEES DU GROUPE MAMMALOGIQUE BRETON

Les données du Groupe mammalogique breton recueillies le 3 avril 2020 permettent de dresser la liste des espèces protégées ou inscrites en annexe II de la directive Habitats présentes ou historiquement présentes sur les communes de Saint-Colomban et de Montbert. Ces communes sont situées dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude immédiate.

Tableau 4 : données du Groupe mammalogique breton

Nom commun	Protection	Annexe II directive Habitats	Commune
Barbastelle d'Europe	Nationale	x	Saint-Colomban
Écureuil roux	Nationale		Saint-Colomban
Écureuil roux	Nationale		Montbert
Grand Murin	Nationale	x	Saint-Colomban
Hérisson d'Europe	Nationale	x	Saint-Colomban
Hérisson d'Europe	Nationale	x	Montbert
Loutre d'Europe	Nationale	x	Saint-Colomban
Loutre d'Europe	Nationale	x	Montbert
Murin à moustaches	Nationale		Saint-Colomban
Murin de Daubenton	Nationale		Saint-Colomban
Murin de Natterer	Nationale		Saint-Colomban
Oreillard gris	Nationale		Saint-Colomban
Pipistrelle commune	Nationale		Saint-Colomban
Pipistrelle de Kuhl	Nationale		Saint-Colomban
Sérotine commune	Nationale		Saint-Colomban

1.4.3 DONNEES DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DE BREST

Les données du Conservatoire Botanique National de Brest ont été consultées le 3 avril 2020. Ces données permettent de dresser la liste des espèces protégées ou menacées présentes ou historiquement présentes sur les communes de Saint-Colomban, Geneston et Montbert. Ces communes sont situées dans un rayon de 5 km autour de l'aire d'étude.

Ces données sont présentées dans le Tableau 5 page 11. La Cicendie naine, le Flûteau nageant et le Piment royal seront recherchés avec une attention particulière car les trois espèces sont protégées et susceptibles d'être présentes sur l'aire d'étude.

Tableau 5 : données du CBNB concernant les espèces végétales patrimoniales

Taxon de référence	Nom commun	Liste rouge PDL (2015)	Protection	Directive 92/43/CEE	Dernière observation	Commune
Briza minor L.	Petite amourette	NT			2010	Saint-Colomban
Carex lasiocarpa Ehrh.	Laîche à fruit barbu	NT	PR		1897	Geneston
Epilobium palustre L.	Épilobe des marais	NT			1998	Saint-Colomban
Exaculum pusillum (Lam.) Caruel	Cicendie naine	NT	PR		2018	Saint-Colomban
Glebionis segetum (L.) Fourr., 1869	Chrysanthème des moissons	NT			2012	Saint-Colomban
Juncus pygmaeus Rich. ex Thuill.	Jonc nain	NT			2011	Saint-Colomban
Linaria pelisseriana (L.) Mill.	Linaire de Pélissier	EN			1897	Saint-Colomban
Ludwigia palustris (L.) Elliott	Isnardie des marais	NT			2001	Geneston
Luronium natans (L.) Rafin.	Flûteau nageant	NT	PN	Ann. II	2018	Saint-Colomban
Lysimachia minima (L.) U.Manns & Anderb., 2009	Centenille naine	NT			2016	Saint-Colomban
Myrica gale L.	Piment royal	LC	PR		1998	Saint-Colomban
Myrica gale L.	Piment royal	LC	PR		2001	Geneston
Myriophyllum verticillatum L.	Myriophylle verticillé	NT			2009	Saint-Colomban
Narthecium ossifragum (L.) Huds.	Narthécie des marais	EN	PR		1897	Geneston
Ornithopus compressus L.	Ornithope comprimé	LC	PR		1897	Montbert
Potamogeton gramineus L.	Potamot à feuilles de graminée	NT			1999	Saint-Colomban
Potamogeton obtusifolius Mert. & W.D.J.Koch	Potamot à feuilles obtuses	VU			1997	Saint-Colomban
Rhynchospora fusca (L.) W.T.Aiton	Rhynchospore brun	CR	PR		1897	Geneston
Trichophorum cespitosum (L.) Hartm., 1849	Scirpe en touffe	VU			1897	Geneston
Utricularia minor L.	Petite utriculaire	EN	PR		1897	Geneston

LC = préoccupation mineure, NT = quasi menacé, VU = vulnérable, EN = en danger, CR = en danger critique,
PR = protection régionale, PN = protection nationale

La date de dernière observation apparaît en rouge quand la donnée date de plus de 20 ans

1.4.4 DONNEES DU CPIE LOIRE-ANJOU

Le CPIE Loire-Anjou réalise un suivi naturaliste pour le compte de HMF Granulats, sur le périmètre de la sablière. Une synthèse réalisée en 2015 et l'intégralité des résultats des inventaires 2017, 2018 et 2019, qui nous ont été transmis par HMF Granulats, ont été consultés.

Les relevés floristiques du CPIE indiquent la présence du Chrysanthème des moissons (*Glebionis segetum*), une espèce inscrite sur liste rouge régionale (quasi-menacé). La synthèse des inventaires réalisée en 2015 mentionne la présence du Piment royal (*Myrica gale*) sur un talus au nord de la carrière. L'espèce bénéficie d'une protection à l'échelle régionale. Ce talus a été arasé en 2016.

Parmi les données concernant des espèces protégées ou menacées mentionnées dans les relevés faunistiques, citons le Grand Capricorne (*Cerambyx cerdo*) en 2017, 2018 et 2019, le Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*) en 2018 et la Vipère aspic (*Vipera aspis*) en 2019.

1.4.5 INVENTAIRES DE ZONES HUMIDES

Les données de localisation des zones humides, mises à disposition par la DREAL Pays de la Loire, ont été consultées le 31 août 2021 sur le site www.sig.reseau-zones-humides.org. Les inventaires ont été réalisés par le Syndicat de bassin versant de Grand-Lieu.

Une zone humide est localisée sur l'aire d'étude, dans le secteur de l'extension. Au sein de la sablière, plusieurs petites zones humides sont indiquées, mais les données sont manifestement antérieures à l'exploitation des terrains.



Figure 4 : carte de localisation des zones humides

1.4.6 SCHEMA REGIONAL DE COHERENCE ECOLOGIQUE

Le schéma régional de cohérence écologique (SRCE) des Pays de la Loire a été adopté par arrêté du préfet de la région le 30 octobre 2015, après son approbation par le Conseil régional par délibération en séance du 16 octobre 2015.

Le SRCE est un document de cadrage pour les différents projets et documents de planification locaux (SCoT, PLU). Il met en avant les grands ensembles écologiques et les principales liaisons fonctionnelles hypothétiques les connectant sur la base des connaissances disponibles. Le législateur a prévu le plus faible niveau d'opposabilité pour ce schéma, à savoir la « prise en compte ».

Il constitue un outil d'aménagement du territoire à l'échelle régionale construit au 1/100 000^{ème}, de nombreux éléments utiles à l'échelle locale n'y sont pas détaillés. Le rôle des collectivités locales et maîtres d'ouvrages divers est donc de prendre en compte les différents éléments du SRCE tout en ayant la possibilité d'en décliner le contenu à leur propre échelle de territoire et/ou projet, en réalisant, si nécessaire, des études complémentaires s'appuyant sur les données locales.

La carte TVB issue du SRCE à l'échelle locale est consultable page suivante.

Le site d'implantation se situe à proximité d'un réservoir de biodiversité de type « boisé ou humide », qui correspond à une ZNIEFF de type I précédemment décrite, et d'un corridor écologique potentiel de type vallée identifié dans le SRCE.

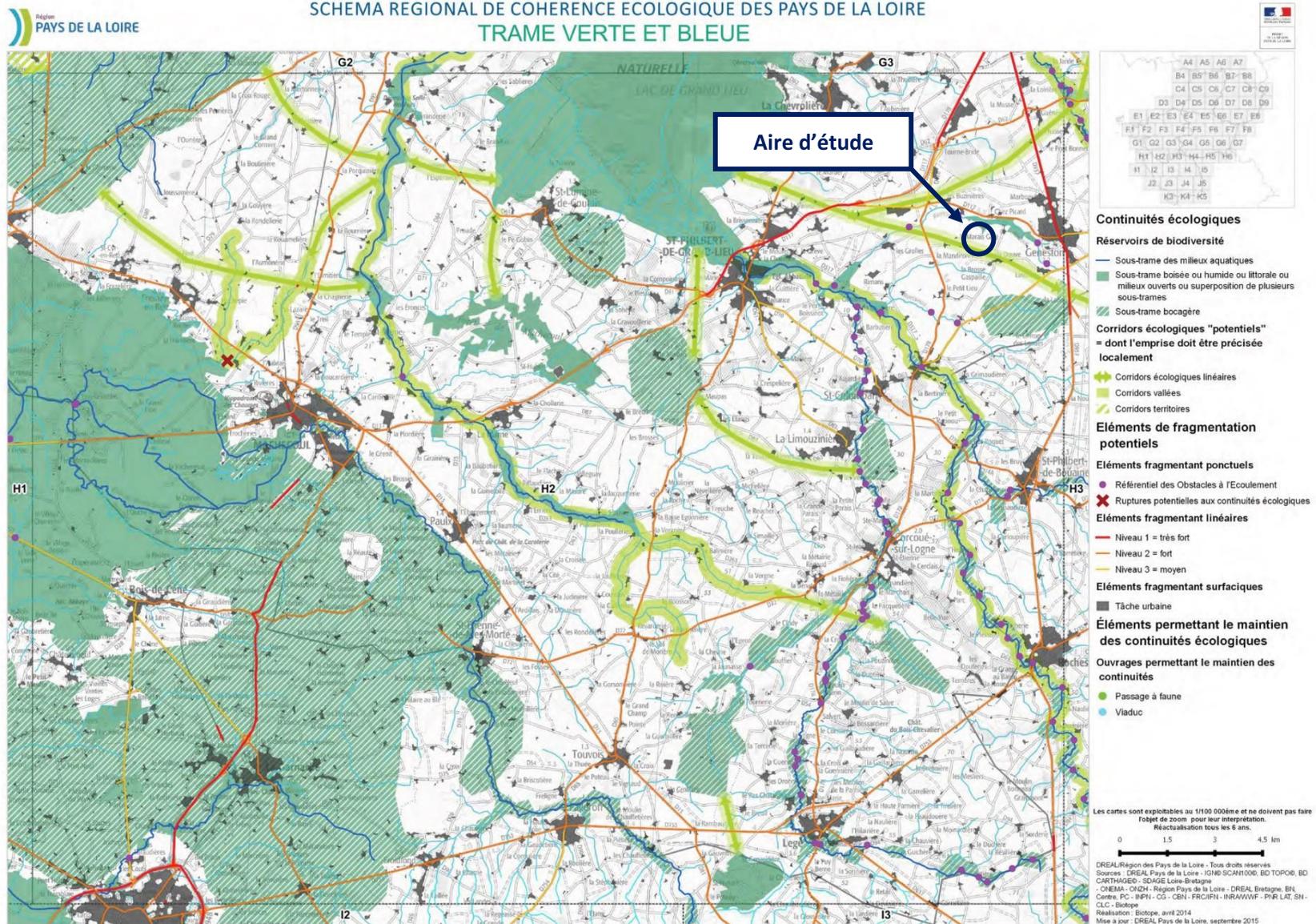


Figure 5 : localisation de l'aire d'étude dans le SRCE

2 HABITATS, FLORE ET PEDOLOGIE

2.1 METHODE

Les inventaires floristiques et pédologiques ont été menés, sur le secteur concerné par le projet d'extension, le 12 février, le 13 mai et le 2 juillet 2020 et, sur les secteurs concernés par la demande de renouvellement, le 23 avril, le 1^{er} juin et le 2 septembre 2021. Étant donné la taille relativement réduite du site et les dates de passage, au printemps et en fin d'été, la pression de prospection peut être considérée, au vu des habitats présents, comme bonne.

Tableau 6 : dates des inventaires floristiques et pédologiques – extension

Date des sorties	Nature de l'inventaire	Intervenant
12/02/2020	Pédologie	Élise Ghesquière
13/05/2020	Habitats, flore et zones humides floristiques	Vincent Voeltzel
02/07/2020	Habitats, flore et zones humides floristiques	Vincent Voeltzel

Tableau 7 : dates des inventaires floristiques et pédologiques – renouvellement

Date des sorties	Nature de l'inventaire	Intervenant
23/04/2021	Habitats et flore	Vincent Voeltzel
01/06/2021	Habitats et flore	Vincent Voeltzel
02/09/2021	Flore	Vincent Voeltzel

Flore et habitats

Sont considérées patrimoniales les espèces protégées ou menacées. Les listes rouges de référence sont celles de la France métropolitaine (2018) et des Pays de la Loire (2015). Les protections considérées sont celles existant au niveau national ou régional. Les statuts de protection départementale, qui n'ont pas la même portée, ne sont pas pris en compte.

L'identification ou la caractérisation des différentes communautés végétales ou unités de végétation est basée sur l'utilisation de la méthode de la phytosociologie sigmatiste qui consiste à inventorier l'intégralité de la flore dans des secteurs homogènes et à attribuer des coefficients d'abondance-dominance à chacune des espèces et fonction de leur recouvrement.

Les correspondances avec les codes CORINE biotopes sont établies pour chaque unité de végétation identifiée susceptible d'être rattachée à ces différents référentiels.

Les résultats sont présentés par habitat du référentiel CORINE biotopes. Le document de référence utilisé est « Classification physiognomique et phytosociologique des végétations de Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 262 p. Delassus, Magnanon *et. al.*, 2014 ».

Zones humides

La caractérisation des zones humides s’effectue par l’analyse de la végétation et des sols.

Afin de clarifier la définition des zones humides, un amendement au projet de loi de création de l’Office français de la biodiversité (OFB) a été présenté le 2 avril 2019. Avec la promulgation de cette loi en juillet 2019 la définition des zones humides présentée au 1° du I de l’article L211-1 du Code de l’environnement devient : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, **ou dont** la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Ainsi, le recours aux critères redevient **alternatif**.

Désormais l'arrêt du Conseil d'État du 22 février 2017 n'a plus d'effet, de même que la note technique DEB du 26 juin 2017 devenue caduque : **la nouvelle définition législative s'impose, sur tous les dossiers de demande d'autorisation.**

Les **analyses pédologiques** sont réalisées selon les règles de l’arrêté du 24 juin 2008 **modifié au 1^{er} octobre 2009** sur la caractérisation et la délimitation des zones humides. Les catégories de **IVd à VI** et **H** du tableau du GEPPA caractérisent des zones humides.

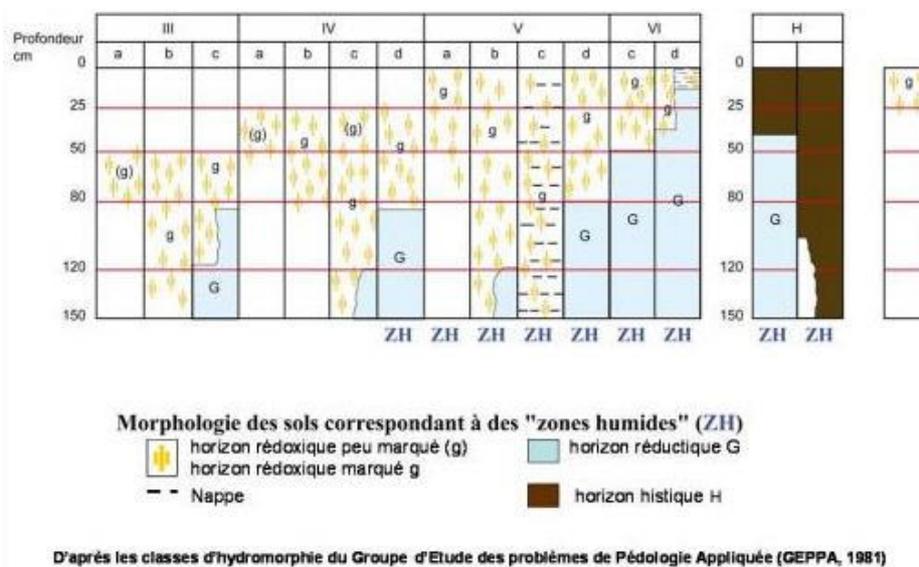


Figure 6 : tableau du GEPPA

A l’exception du petit secteur bocager au sud-ouest de l’aire d’étude (parcelles 0A0155 et 0A0908, le long de la D178), le secteur concerné par la demande de renouvellement est intégralement remanié ; le critère pédologique n’est pas applicable. Seul le critère floristique été pris en compte.

2.2 RESULTATS

2.2.1 LA FLORE

2.2.1.1 EXTENSION

Quatre-vingt-dix taxons ont été inventoriés au cours de deux passages sur le secteur en demande d'extension, ce qui constitue un chiffre relativement peu élevé, qui s'explique par la taille restreinte du site.

Flore patrimoniale ou protégée

Six espèces patrimoniales ont été inventoriées sur l'aire d'étude.

La Petite Brize (*Briza minor*), NT

L'espèce a été noté en un point mais il est très probable qu'elle soit beaucoup plus présente même si globalement, la population semble limitée. L'espèce n'est pas protégée mais, comme beaucoup de messicoles, elle est en régression et l'évolution probable des pratiques agricoles à moyen terme ne permet pas d'envisager un ralentissement dans cette régression. Bien que peu commune, il est possible que cette espèce de distribution méditerranéo-atlantique soit sous-notée dans la région.

La Cicendie naine (*Exaculum pusillum*), NT, protégée

L'espèce apprécie les substrat oligotrophes argileux ou sableux. Elle croît dans les milieux inondés en hiver et s'exondant au printemps (berges des lacs et des étangs, dépressions temporaires) ou plus rarement, sur des substrats sableux simplement humides, en condition pionnières. les dépressions temporaires ensoleillée. L'originalité de ses milieux de prédilection et les menaces qui pèsent dessus, ainsi que sa répartition relativement limitée à l'échelle française sont les éléments qui justifient probablement sa protection à l'échelle régionale. Plusieurs dizaines de pieds ont été observés.

Le Chrysanthème des moissons (*Glebionis segetum*), NT

Dans l'ouest de la France, le Chrysanthème des moissons est assez commun en Bretagne, notamment sur une large bande littorale, mais plus rare en Normandie et Pays de la Loire. Dans la région, l'espèce est en régression et considérée quasi-menacée. L'espèce est très présente sur l'aire d'étude (des centaines de pieds) mais les populations varient probablement sensiblement d'une année à l'autre.

Le Jonc hétérophylle (*Juncus heterophyllus*), NT

L'espèce est rare en France et essentiellement présente en Loire-Atlantique, en Gironde et dans les Landes. Elle présente une écologie proche de la Cicendie naine et du Jonc nain et sa répartition est comparable à celle de ces deux espèces, à l'échelle française. Elle est quasi-menacée en Pays de la Loire. Une vingtaine de pieds ont été observés.

Le Jonc nain (*Juncus pygmaeus*), NT

L'espèce est également présente au niveau des parties exondables de la dépression temporaire. L'espèce est quasi-menacée dans la région. Une vingtaine de pieds ont été observés.

La Renoncule tripartite (*Ranunculus tripartitus*), NT

La Renoncule tripartite forme un herbier dense et monospécifique dans la partie toujours en eau de la dépression.

Flore invasive

Il n'y a pas d'espèce invasive avérée sur l'aire d'étude. Seul le Brome de Willdenow (considéré à surveiller sur la liste 2018 des plantes invasives, potentiellement invasives et à surveiller en Pays de la Loire réalisée par le Conservatoire botanique national de Brest) a été noté.

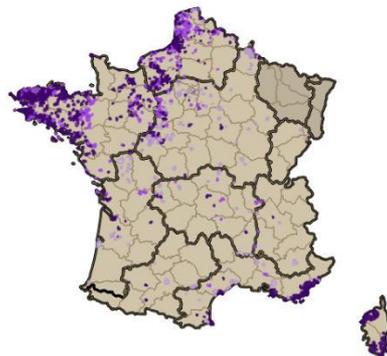


Figure 7 : Chrysanthème des moissons (source répartition : Siflore 3 novembre 2020)

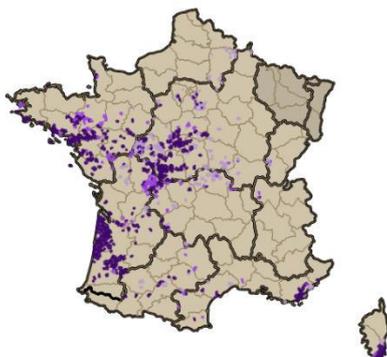


Figure 8 : Cicendie naine (source répartition : Siflore 3 novembre 2020)

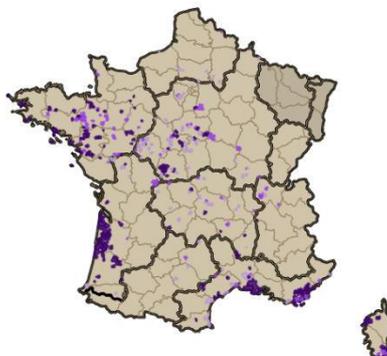


Figure 9 : Jonc nain (source répartition : Siflore 3 novembre 2020)

Liste des espèces inventoriées et statut

Tableau 8 : liste des espèces végétales inventoriées sur l'aire d'étude – extension

Nom scientifique	Nom français	Liste rouge France (2018)	Liste rouge Pays de la Loire (2015)	Protection
<i>Achillea millefolium</i>	Achillée mille feuilles	LC	LC	
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostis commun	LC	LC	
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostis stolonifère	LC	LC	
<i>Aira caryophylla</i>	Canche caryophyllée	LC	LC	
<i>Andryala integrifolia</i>	Andryale à feuilles entières	LC	LC	
<i>Anisantha diandra</i>	Brome raide	LC	LC	
<i>Anisantha sterilis</i>	Brome stérile	LC	LC	
<i>Anthemis / Matricaria</i>	Anthemis / Matricaire	-	-	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Flouve odorante	LC	LC	
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Cerfeuil sauvage	LC	LC	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Fromentin	LC	LC	
<i>Avena spec.</i>	Avoine	-	-	
<i>Briza minor</i>	Petite Brize	LC	NT	
<i>Bromus hordeaceus</i>	Brome mou	LC	LC	
<i>Bromus willdenowii</i>	Brome de Willdenow	NA	NA	
<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier	LC	LC	
<i>Cerastium glomeratum</i>	Céraiste aggloméré	LC	LC	
<i>Conopodium majus</i>	Conopode dénudé	LC	LC	
<i>Crassula tillaea</i>	Mousse fleurie	LC	LC	
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine à un style	LC	LC	
<i>Cytisus scoparius</i>	Genêt à balais	LC	LC	
<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle vulgaire	LC	LC	
<i>Digitalis purpurea</i>	Digitale pourpre	LC	LC	
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Digitaire sanguine	LC	LC	
<i>Eleocharis palustris</i>	Scirpe des marais	LC	LC	
<i>Erica cinerea</i>	Bruyère cendrée	LC	LC	
<i>Exaculum pusillum</i>	Cicendie naine	LC	NT	Régionale
<i>Galium aparine</i>	Gaillet gratteron	LC	LC	
<i>Geranium dissectum</i>	Géranium découpé	LC	LC	
<i>Geranium robertianum</i>	Herbe à robert	LC	LC	
<i>Glebionis segetum</i>	Chrysanthème des moissons	LC	NT	
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Gnaphale des mares	LC	LC	
<i>Hedera helix</i>	Lierre	LC	LC	
<i>Holcus lanatus</i>	Houlque velue	LC	LC	
<i>Holcus mollis</i>	Houlque molle	LC	LC	
<i>Hypericum perforatum</i>	Millepertuis commun	LC	LC	
<i>Hypochaeris radicata</i>	Porcelle enracinée	LC	LC	
<i>Jacobaea vulgaris</i>	Séneçon jacobée	LC	LC	
<i>Jasione montana</i>	Jasione des montagnes	LC	LC	
<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds	LC	LC	
<i>Juncus bulbosus</i>	Jonc couché	LC	LC	
<i>Juncus heterophyllus</i>	Jon à feuilles variées	LC	NT	
<i>Juncus pygmaeus</i>	Jonc nain	LC	NT	
<i>Leontodon saxatilis</i>	Thrinclie	LC	LC	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Grande marguerite	LC	LC	
<i>Logfia minima</i>	Cotonnière naine	LC	LC	
<i>Lotus subbiflorus</i>	Lotier hispide	LC	LC	

Nom scientifique	Nom français	Liste rouge France (2018)	Liste rouge Pays de la Loire (2015)	Protection
<i>Lupinus spec.</i>	Lupin (cultivé)	NA	NA	
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	Salicaire à feuilles d'hyssope	LC	LC	
<i>Montia fontana</i>	Montie des fontaines	LC	LC	
<i>Myosotis arvensis</i>	Myosotis des champs	LC	LC	
<i>Ornithopus perpusillus</i>	Pied d'oiseau délicat	LC	LC	
<i>Persicaria maculosa</i>	Renouée persicaire	LC	LC	
<i>Plantago coronopus</i>	Plantain corne de cerf	LC	LC	
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé	LC	LC	
<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel	LC	LC	
<i>Polygonum aviculare</i>	Renouée des oiseaux	LC	LC	
<i>Prunus avium</i>	Cerisier des oiseaux	LC	LC	
<i>Prunus spinosa</i>	Prunellier	LC	LC	
<i>Pyrus spec.</i>	Poirier	-	-	
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé	LC	LC	
<i>Ranunculus flammula</i>	Petite douve	LC	LC	
<i>Ranunculus sardous</i>	Renoncule sarde	LC	LC	
<i>Ranunculus tripartitus</i>	Renoncule tripartite	LC	NT	
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Ravenelle	LC	LC	
<i>Rosa Subsec. Caninae</i>	Rosier des chiens	LC	LC	
<i>Rubus spec.</i>	Ronce	LC	LC	
<i>Rumex acetosa</i>	Oseille sauvage	LC	LC	
<i>Rumex acetosella</i>	Petite oseille	LC	LC	
<i>Rumex crispus</i>	Patience crépue	LC	LC	
<i>Ruscus aculeatus</i>	Fragon	LC	LC	
<i>Salix atrocinerea</i>	Saule roux	LC	LC	
<i>Schedonorus arundinaceus</i>	Fétuque faux-roseau	LC	LC	
<i>Senecio jacobaea</i>	Seneçon jacobée	LC	LC	
<i>Senecio sylvaticus</i>	Séneçon des bois	LC	LC	
<i>Senecio vulgaris</i>	Séneçon vulgaire	LC	LC	
<i>Solanum nigrum</i>	Morelle noire	LC	LC	
<i>Sonchus asper</i>	Laiteron épineux	LC	LC	
<i>Sonchus oleraceus</i>	Laiteron maraîcher	LC	LC	
<i>Sorbus torminalis</i>	Alisier	LC	LC	
<i>Spergula arvensis</i>	Spargoute des champs	LC	LC	
<i>Spergula rubra</i>	Spergulaire rouge	LC	LC	
<i>Teesdalia nudicaulis</i>	Téedalie à tiges nues	LC	LC	
<i>Teucrium scorodonia</i>	Germandrée scorodoine	LC	LC	
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Camomille inodore	LC	LC	
<i>Ulex europaeus</i>	Ajonc d'Europe	LC	LC	
<i>Umbilicus rupestris</i>	Nombri-de-Vénus commun	LC	LC	
<i>Veronica spec.</i>	Véronique	LC	LC	
<i>Viola arvensis</i>	Pensée des champs	LC	LC	
<i>Vulpia bromoides</i>	Vulpie queue d'écureuil	LC	LC	

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

2.2.1.2 RENOUELEMENT

Quarante-six taxons ont été inventoriés au cours de trois passages sur le secteur en demande de renouvellement ou à proximité. Les milieux sont, globalement, assez peu végétalisés et la végétation aquatique peu présente. L'objectif principal des inventaires est de mettre en évidence les éventuels enjeux de conservation ; tous les milieux ont été inventoriés et une attention particulière a été apportée à ceux présentant une certaine originalité.

Les secteurs très minéraux (pistes, zones d'exploitation) et les bassins en eau non végétalisés occupent l'essentiel de l'aire d'étude. Exceptés des pieds épars de **Chrysanthème des moissons** (NT) présents dans des secteurs de friche, le site n'héberge aucune espèce végétale protégée ou menacée. Les espèces patrimoniales régulièrement contactées dans les sablières de l'ouest de la France – Pilulaire, Cicendie naine, Illécèbre verticillé, etc. sur les berges et Ornithope penné, Ornithope comprimé, Cotonnière de France etc. dans les milieux sableux secs – ont été recherchées en vain. La partie nord du secteur en demande de renouvellement accueille une petite station d'Osmonde royale sur une zone qui sera remblayée et rendue à l'agriculture.

Par ailleurs, le CPIE Loire-Anjou, qui réalise chaque année des inventaires sur la zone d'étude, n'a pas noté, depuis 2017, d'espèce végétale protégée ou menacée supplémentaire. Plusieurs pieds de Piment royal avaient été notés en limite de ZNIEFF, sur un talus situé tout au nord de la zone d'exploitation, qui a été supprimé en 2016. L'espèce n'est plus présente sur l'aire d'étude.

Aucune espèce végétale invasive n'a été inventoriée sur le secteur en demande de renouvellement.

Tableau 9 : liste des espèces végétales inventoriées sur l'aire d'étude – renouvellement

Nom scientifique	Nom français	Liste rouge France (2018)	Liste rouge Pays de la Loire (2015)	Protection
<i>Aira caryophyllea</i>	Canche caryophyllée	LC	LC	
<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostide capillaire	LC	LC	
<i>Agrostis stolonifera</i>	Agrostide stolonifère	LC	LC	
<i>Andryala integrifolia</i>	Andryale à feuilles entières	LC	LC	
<i>Anthemis mixta</i>	Camomille mixte	LC	LC	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Flouve odorante	LC	LC	
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Cerfeuil sauvage	LC	LC	
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Arabette de Thalius	LC	LC	
<i>Aster sp.</i>	Aster	NA	NA	
<i>Baldellia ranunculoides</i>	Flûteau fausse renoncule	LC	LC	
<i>Betula pubescens</i>	Bouleau pubescent	LC	LC	
<i>Castanea sativa</i>	Châtaignier	LC	LC	
<i>Cerastium glomeratum</i>	Céraiste aggloméré	LC	LC	
<i>Cirsium dissectum</i>	Cirse Anglais	LC	LC	
<i>Cortaderia selloana</i>	Herbe de la pampa	LC	LC	
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine à un style	LC	LC	
<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle vulgaire	LC	LC	
<i>Eleocharis acicularis</i>	Scirpe épingle	LC	LC	
<i>Galium aparine</i>	Gaillet gratteron	LC	LC	
<i>Geranium purpureum</i>	Géranium pourpre	LC	LC	
<i>Glebionis segetum</i>	Chrysanthème des moissons	LC	NT	
<i>Ilex aquifolium</i>	Houx	LC	LC	
<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds	LC	LC	

Nom scientifique	Nom français	Liste rouge France (2018)	Liste rouge Pays de la Loire (2015)	Protection
<i>Juncus bulbosus</i>	Jonc bulbeux	LC	LC	
<i>Juncus conglomeratus</i>	Jonc aggloméré	LC	LC	
<i>Juncus effusus</i>	Jonc épars	LC	LC	
<i>Lythrum portula</i>	Pourpier d'eau	LC	LC	
<i>Mibora minima</i>	Mibora	LC	LC	
<i>Molinia caerulea</i>	Molinie	LC	LC	
<i>Osmunda regalis</i>	Osmonde royale	LC	LC	
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé	LC	LC	
<i>Populus tremula</i>	Peuplier tremble	LC	LC	
<i>Prunus spinosa</i>	Prunellier	LC	LC	
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé	LC	LC	
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Ravenelle	LC	LC	
<i>Rubus sp.</i>	Ronce	LC	LC	
<i>Rumex acetosa</i>	Oseille sauvage	LC	LC	
<i>Salix atrocinerea</i>	Saule roux	LC	LC	
<i>Schedonorus arundinaceus</i>	Fétuque faux-roseau	LC	LC	
<i>Senecio inaequidens</i>	Séneçon du Cap	LC	LC	
<i>Senecio jacobaea</i>	Séneçon jacobée	LC	LC	
<i>Senecio vulgaris</i>	Séneçon vulgaire	LC	LC	
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Camomille inodore	LC	LC	
<i>Trocdaris verticillatum</i>	Carvi verticillé	LC	LC	
<i>Umbilicus rupestris</i>	Nombriil-de-Vénus commun	LC	LC	
<i>Veronica persica</i>	Véronique de Perse	LC	LC	

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

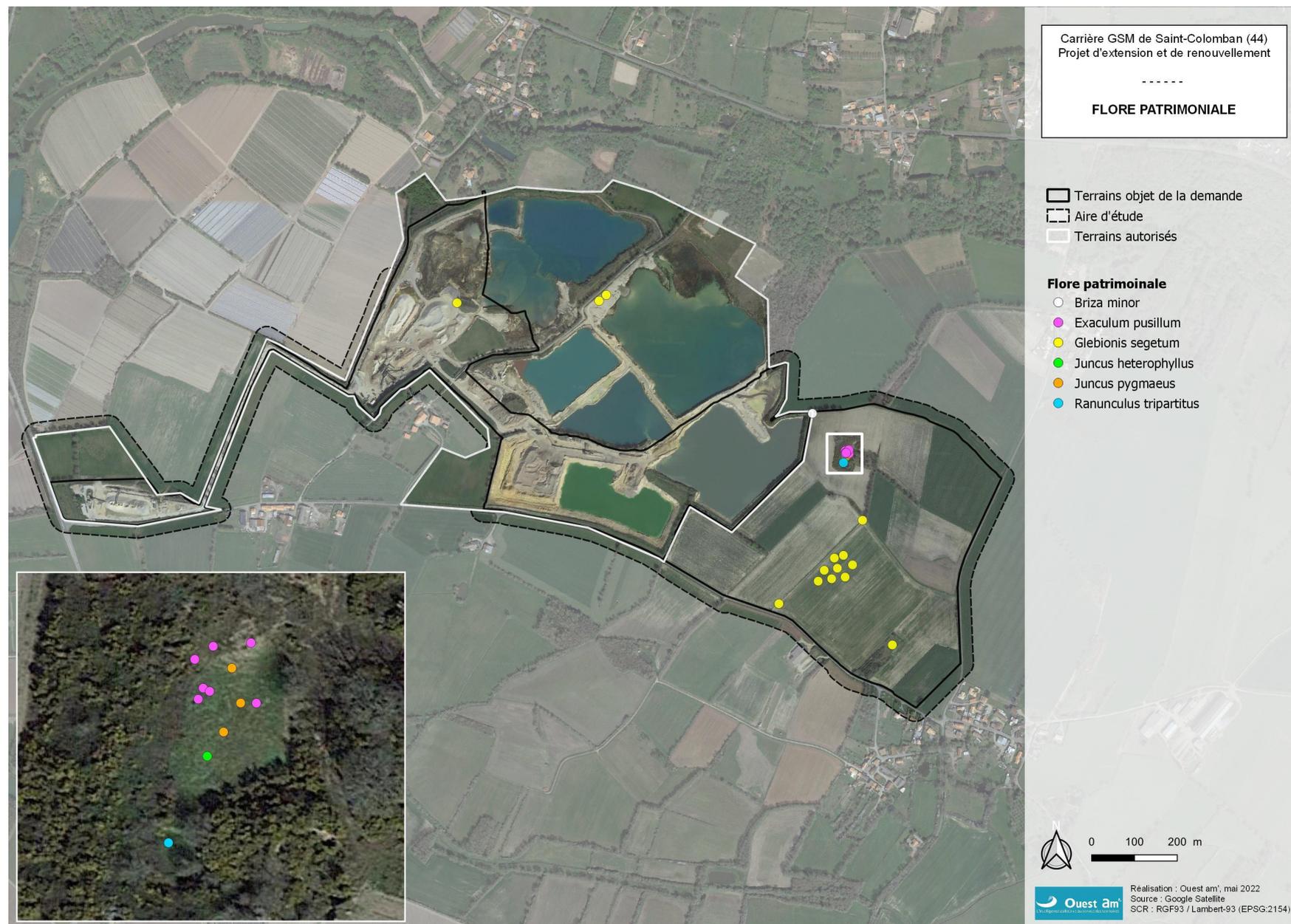


Figure 10 : carte de la flore patrimoniale

2.2.2 LES HABITATS

L'objet de ce paragraphe est de décrire chacun des habitats présents sur site. Le nom et le code indiqués correspondent à la dénomination de l'habitat et à son code dans CORINE biotopes.

Les habitats sont localisés Figure 13 page 30.

2.2.2.1 EXTENSION

Tableau 10 : habitats recensés au niveau de l'aire d'étude – extension

Intitulé CORINE biotopes	Code CORINE biotopes	Intitulé Natura 2000	Code Natura 2000
Habitats humides			
Communautés amphibies	22.3	Communautés annuelles oligotrophiques à mésotrophiques, acidiphiles, de niveau topographique moyen, planitaires à montagnardes, des <i>Isoeto-Juncetea</i>	3130-5
Végétations enracinées immergées	22.42	-	-
Habitats non humides			
Fourrés	31.8	-	-
Petits bois, bosquets	84.3	-	-
Champs d'un seul tenant intensément cultivés	82.1	-	-
Terrains en friche	87.1	-	-
Haies arborées	-	-	-



Communautés amphibies



Végétations enracinées immergées



Champs d'un seul tenant intensément cultivés



Champs d'un seul tenant intensément cultivés



Fourrés



Fourrés

Figure 11 : photographies des habitats – extension

Habitats humides

- Communautés amphibies ; code CORINE biotopes 22.3 ; code Natura 2000 3130-5

La partie de la dépression qui s'exonde au printemps, dont la superficie est d'environ 600 m², constitue un habitat d'intérêt communautaire. Il héberge trois des cinq espèces végétales patrimoniales de l'aire d'étude, dont la Cicendie naine, qui est protégée à l'échelle régionale. Des dizaines de pieds de l'espèce sont présents, sur environ la moitié de la surface de l'habitat. Le Jonc hétérophylle et le Jonc nain sont également bien présents. La Petite Douve et l'Éléocharis des marais constituent les autres espèces dominantes du milieu alors que le Pâturin annuel, la Cotonnière naine, la Montie des fontaines, le Jonc des crapauds, le Jonc bulbeux, la Salicaire à feuille d'hyssope et la Thrinicie complètent le cortège.

- Végétations enracinées immergées ; code CORINE biotopes 22.42

La partie la plus profonde de la dépression, dont la superficie est d'environ 100 m², est le plus souvent en eau, même si elle est susceptible de s'exonder occasionnellement. Elle accueille un herbier à *Ranunculus tripartitus*. Il s'agit, du fait que l'espèce est enracinée, d'un habitat de zone humide.

Habitats non humides

- Fourrés ; code CORINE biotopes 31.8

Les fourrés sont dominés par l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*), le Genêt à balai (*Cytisus scoparius*) et le Prunellier (*Prunus spinosa*). Ces fourrés sont deux types sur l'aire d'étude.

Les premiers se développent sur le pourtour de la dépression, sur des terrains maigres. Ils sont dominés par l'Ajonc d'Europe et quelques pieds de Bruyère cendrée sont présents ce qui, si l'espèce occupait une superficie plus importante, permettrait le rattachement aux landes mésophiles, un habitat d'intérêt communautaire.

Les seconds, au sud-est de l'aire d'étude, constituent un délaissé agricole. Ils sont plus eutrophes et sont dominés par le Genêt à balai et le Prunellier.

- Petits bois, bosquets ; code CORINE biotopes 84.3

Il s'agit d'un secteur mésophile de faible superficie où domine le Chêne pédonculé.

- Champs d'un seul tenant intensément cultivés ; code CORINE biotopes 82.1

Il n'y a pas de prairies sur l'aire d'étude. Tous les terrains exploités sont des champs. Il est difficile de savoir si ces champs sont exploités de façon conventionnelle ou biologique. De fait, les adventices étaient bien présentes dans les parcelles en blé (surtout Jonc des crapauds et Cotonnière commune) et lupin (surtout Chrysanthème des moissons). Elles l'étaient beaucoup moins dans celles de colza.

- Terrains en friche ; code CORINE biotopes 87.1

Il s'agit, d'une part, d'un délaissé agricole, à proximité des zones de fourrés au sud-est, accueillant notamment la Matricaire inodore, l'Agrostis stolonifère et le Chrysanthème des moissons et d'autre part, d'un terrain encore récemment occupé par de la vigne, qui devrait rapidement être mis en culture, accueillant la Spargoute des champs, le Sénéçon jacobée, le Pied d'oiseau délicat, la Porcelle enracinée, la Digitale sanguine, l'Agrostis stolonifère et le Sénéçon commun.

- Haies

Les haies sont très majoritairement dominées de Chênes pédonculés, assez âgés. De fait, les haies présentes sont déjà visibles sur l'orthophotographie de 1945.

2.2.2.2 RENOUELEMENT

Tableau 11 : habitats recensés au niveau de l'aire d'étude – extension

Intitulé CORINE biotopes	Code CORINE biotopes	Intitulé Natura 2000	Code Natura 2000
Habitats humides			
Végétations enracinées immergées	22.42	-	-
Prairies humides eutrophes	37.2	-	-
Prairies acides à Molinie	37.312	Prés humides et bas-marais acidiphiles atlantiques	6410-6
Habitats non humides			
Eaux douces	22.1	-	-
Fourrés	31.8	-	-
Prairies à Jonc diffus	37.217	-	-
Prairies humides oligotrophes	37.3	-	-
Prairies sèches améliorées	81.1	-	-
Champs d'un seul tenant intensément cultivés	82.1	-	-
Plantations d'arbres feuillus	83.32	-	-
Terrains en friche	84.1	-	-
Carrière de sables, d'argile et de kaolin	84.411	-	-
Jardins	85.3	-	-
Haies arborées	-	-	-



Friche herbacée



Friche herbacée



Bassin en eau sans végétation



Terrain sableux en cours d'exploitation

Figure 12 : photographies des habitats – renouvellement

Habitats humides

Les habitats humides inventoriés dans le cadre de la demande de renouvellement, en 2021, se situent en dehors des terrains objet de la demande (l'aire d'étude englobant l'ensemble de la sablière).

- Prairies humides eutrophes ; code CORINE biotopes 37.2

La partie réaménagée située au nord-est de l'aire d'étude est dominée par l'*Agrostis stolonifera*. Le milieu est en cours d'enrichissement mais il s'arrete pour l'instant à une prairie humide. Des petites dépressions au nord-est, en limite d'aire d'étude, dominée par le Pourpier d'eau (*Lythrum portula*) accueillent la Grenouille agile en reproduction. Des espèces patrimoniales (protégées ou menacées) y ont été recherchées sans succès.

- Prairies à Joncs diffus ; code Corine 37.217

Le milieu correspond, non pas à une prairie, mais à des argiles de décantation colonisées par le Jonc diffus. Il n'est pas accessible et a été prospecté depuis les berges. Le Jonc diffus semble être présent de façon monospécifique.

- Prairies humides améliorées

Il s'agit d'une prairie humide semée (ou sursemée) de Fétuque faux-roseau (*Schedonorus arundicaneus*).

Habitats non humides

- Eaux douces ; code CORINE biotopes 22.1

Les pièces d'eau de la carrière se sont révélées assez peu intéressantes sur le plan botanique du fait de berges relativement abruptes et d'un marnage très limité. Le compartiment aquatique n'est pas végétalisé. Des végétations amphibies constituées de Scirpe épingle (*Eleocharis acicularis*), de Jonc bulbeux (*Juncus bulbosus*) et de Baldellie fausse-renoncule (*Badlellia ranunculoides*) ont été inventoriées ponctuellement (non cartographié), en dehors des terrains objet de la demande.

- Carrières de sable, d'argile et de kaolin ; code CORINE biotopes 84.411

La dénomination correspond, sur la sablière, aux milieux les plus minéraux : zones en cours d'extraction ou pistes très peu végétalisées. Les quelques espèces végétales présentes au niveau des pistes sont associées aux friches. Les espèces patrimoniales fréquemment rencontrées dans les sablières dans ce type de milieux (Ornithope comprimé, Ornithope penné, Cotonnière de France, etc.) ont été recherchées sans succès.

- Terrains en friche ; code CORINE biotopes 87.1

Il s'agit, sur le site, de terrain plus ou moins récemment réaménagés colonisés par des espèces communes des friches et, çà et là, de fourrés d'ajoncs (*Ulex europaeus*). Au nord de l'aire d'étude, en dehors des terrains objet de la demande, sont présents quelques pieds de Chrysanthème des moissons (*Glebionis segetum*).

- Fourrés ; code CORINE biotopes 31.8

Les fourrés sont situés en limite nord de l'aire d'étude, en dehors des terrains objet de la demande. Ils sont dominés par l'Ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) et les ronces (*Rubus* sp.).

- Prairies sèches améliorées ; code CORINE biotopes 81.1

Il s'agit de prairies mésophiles eutrophes composées d'espèces communes et sursemées de Ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum*).

- Champs d'un seul tenant intensément cultivés ; code CORINE biotopes 82.1

La sablière se situe dans un contexte de bocage dégradé ou la céréaliculture domine. L'intérêt botanique de ces milieux, où les adventices sont rares, est très limité.

- Plantations d'arbres feuillus ; code CORINE biotopes 83.32

Un petit bosquet constitué d'arbres feuillus plantés est présent en limite nord-ouest de l'aire d'étude, en dehors des terrains objet de la demande. Le milieu, difficile d'accès et non concerné par la poursuite d'activité, n'a pas été inventorié. Ces plantations semblent avoir été réalisées dans le cadre de l'activité de la carrière. Elles ont été réalisées, d'après l'analyse des photographies aériennes disponibles sur le site www.remonterletemps.fr, entre 2004 et 2009.

- Jardins ; code CORINE biotopes 85.3

Il s'agit de jardins avec pelouses régulièrement tondues et arbres épars, non inventoriés car inaccessibles.

Les haies sont très majoritairement dominées de Chênes pédonculés, assez âgés. De fait, les haies présentes sont déjà visibles sur l'orthophotographie de 1945.

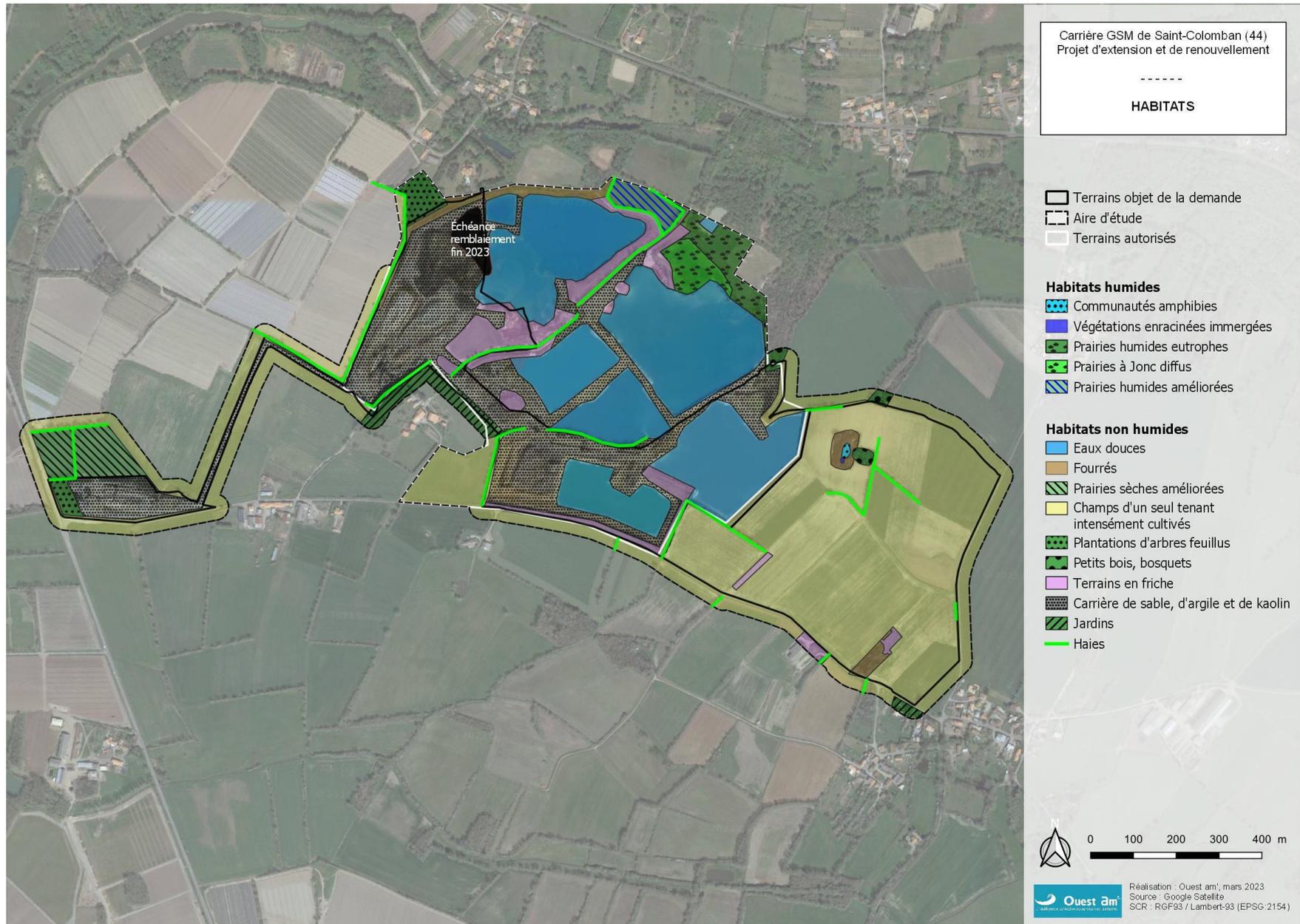


Figure 13 : carte des habitats

2.2.3 LES ZONES HUMIDES

2.2.3.1 EXTENSION

Critère floristique

La dépression, qui accueille dans sa partie exondable des communautés amphibiennes et, dans sa partie toujours en eau, des végétations immergées enracinées, constitue une zone humide selon le critère floristique. La superficie est d'environ 700 m² et le cortège est diversifié et très majoritairement composé d'espèces indicatrices de zones humides. Cette zone humide est alimentée par remontée de nappe (avec variation du niveau d'eau entre l'été et l'hiver) et non par les eaux de ruissellement.

Les fourrés n'accueillent pas, à l'exception de ceux du sud-est de l'aire d'étude où croît l'Agrostide stolonifère, une espèce à large amplitude écologique, d'espèces indicatrices de zones humides.

Les labours hébergent plusieurs adventices dont deux sont abondantes par places et indicatrices de zone humide. Il s'agit du Joncs des crapauds et du Gnaphale des fanges. Cependant, ces deux espèces sont des annuelles et leur recouvrement est donc dépendant des conditions météorologiques de l'année. En l'occurrence, l'hiver 2019-2020 a été plutôt humide. Par ailleurs, elles sont les deux seules espèces indicatrices de zone humide dans les labours. Enfin, il s'agit d'espèces présentes sur les sols tassés parfois seulement frais, sans être hydromorphes (ou seulement dans les premiers centimètres). Pour toutes ces raisons il a été considéré qu'aucun des labours ne constituait de zone humide selon le critère floristique.

Critère pédologique

Au total, 43 sondages pédologiques ont été réalisés. Les résultats de ces sondages sont présentés dans le Tableau 12 page 32 et localisés sur la Figure 16 page 35.

Tableau 12 : résultats des sondages pédologiques

N° de sondage	profondeur d'investigation	texture	couleur	oxy.	réd.	remarque	refus	Classement GEPPA	Classement zone humide
1 à 2	0-50	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
	50-100	Sablo-limoneux	Rouille						
3 à 5	0-100	Limoneux	Brun					Sol sain	NON
6 à 7	0-30	Limoneux	Brun					IVc	NON
	30-90	Limono-sableux	Brun		+	Traces légères			
8 à 9	0-100	Limoneux	Brun					Sol sain	NON
10	0-40	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
	40-90	Limono-argileux	Brun						
11 à 13	0-100	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
14	0-30	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
	30-90	Sablo-limoneux	Ocre						
15	0-100	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
16 à 19	0-100	Sableux	Brun					Sol sain	NON
20	0-5	Gravier					5		
21	0-100	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
22	0-40	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
	40-90	Limono-argileux	Brun						
23	0-90	Sablo-limoneux	Brun					Sol sain	NON
24	0-40	Sablo-limoneux	Brun				40	Sol sain	NON
25 à 26	0-50	Limono-sableux	Brun					IIIb	NON
	50-90	Limono-sableux	Brun		+				
27 à 28	0-90	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
29	0-60	Limono-sableux	Brun					Sol sain	NON
	60-90	Argilo-sableux	Brun						
30 à 31	0-50	Limono-argileux	Brun					Sol sain	NON
	50-90	Argilo-sableux	Brun						
32 à 33	0-40	Limoneux	Brun					IVc	NON
	40-90	Argilo-limoneux	Brun		++				
34	0-50	Limono-argileux	Brun					Sol sain	NON
35 à 37	0-70	Limono-argileux	Brun					Sol sain	NON
38	0-40	Sableux	Brun					IVc	NON
	40-90	Limono-sableux	Brun		+				
39	0-65	Argilo-limoneux	Brun				65	Sol sain	NON
40 à 43	0-65	Argilo-limoneux	Brun					Sol sain	NON

L'aire d'étude s'inscrit dans un paysage composé de grandes cultures au sein desquelles se trouve une dépression, vestige d'une extraction ancienne et apparaissant déjà sur l'orthophotographie aérienne de 1945. Les sols sont limono-sableux à sableux et contiennent une proportion importante d'éléments grossiers.

L'analyse pédologique identifie des sols non humides sur l'ensemble l'aire d'étude. Les sols sont majoritairement sains et quelques sondages de la classe IIIb à IVc selon le tableau GEPPA définissant les classes d'hydromorphie des sols ont été identifiés ; les premières traces d'hydromorphie apparaissent après 40 cm de profondeur en moyenne. Ces sols sont classés non humides selon la réglementation.



Culture non humide



Culture non humide



Dépression, en eau, avant l'exondation estivale

Figure 14 : photographies de milieux de l'aire d'étude

Conclusion

Aucune zone humide pédologique n'a été recensée lors de l'inventaire de terrain réalisé le 12 février 2020. Les sondages pédologiques montrent des sols sains et des sols de classe IIIb à IVc selon le tableau des classes d'hydromorphie GEPPA (sols non humides selon la réglementation). Une zone humide répondant au critère floristique de 700 m² est présente dans la partie nord de l'aire d'étude. Cette zone humide correspond précisément à celle qui figure dans les inventaires de zones humides présentés dans la bibliographie.



0-15 cm



15-30 cm



30-50 cm



50-75 cm

Figure 15 : sondage pédologique non humide n° 1

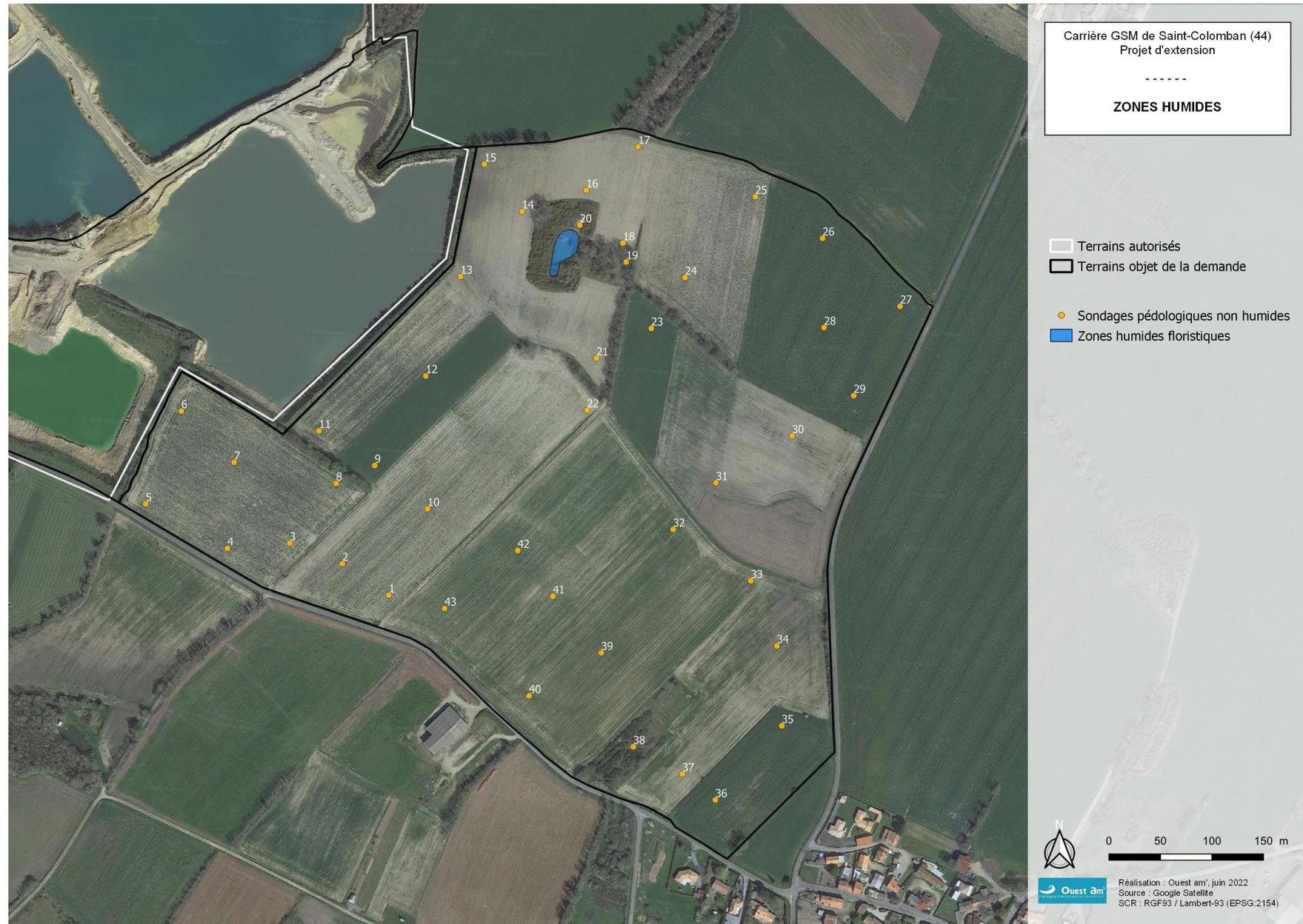


Figure 16 : carte des zones humides

2.2.3.2 RENOUELEMENT

Nous considèrerons que, de manière générale, la recherche de zone humide (pédologique ou floristique) n'a pas lieu d'être sur les terrains déjà en carrière.

Ainsi, pour la partie en renouvellement, seule la partie bocagère située à l'ouest, le long de la route départementale, qui n'a pas été exploitée, a bénéficié d'inventaires des zones humides. Les sondages pédologiques montrent que la zone n'est pas humide. Le secteur ne répond pas non plus au critère floristique de la définition réglementaire des zones humides. Ces résultats correspondent aux conclusions des inventaires réalisés par le Syndicat de bassin versant de Grand-Lieu présentées dans la bibliographie.

3 AVIFAUNE

3.1 METHODE

L'objectif de l'inventaire est d'identifier l'ensemble des espèces présentes et d'apporter un maximum de précisions sur les espèces patrimoniales (milieux occupés, nombre de couples, probabilité de nidification). Il n'est pas de réaliser l'état initial d'un suivi naturaliste.

Ainsi, du fait d'une superficie à couvrir assez restreinte, nous avons préféré à la mise en place d'un protocole I.P.A. (indices ponctuels d'abondance), qui consiste à réaliser des points d'écoute de 20 minutes et à procéder à un échantillonnage du site, la réalisation de stations d'écoute, **en parcourant le site dans son ensemble**, en recherchant en priorité les espèces patrimoniales et **en insistant sur les secteurs que nous jugions de plus fort intérêt ornithologique**.

Les sorties ont été effectuées par météo favorable, c'est-à-dire vent par vent faible à nul et en l'absence de pluie (sauf en hiver, ce qui est moins problématique). Elles couvrent l'ensemble du cycle biologique. Les sorties nocturnes du 13 mai 2020, du 24 juin 202, du 6 août 2020, du 23 avril 2021, du 1^{er} juin 2021 et du 2 septembre 2021 ciblaient les éventuels rapaces nocturnes et, surtout, l'Œdicnème criard.

Les inventaires couvrent, sur la zone en demande d'extension, les quatre saisons, avec une pression de prospection supérieure pour la nidification. Ils couvrent, pour la zone en demande de renouvellement, l'hivernage, la période prénuptiale et la nidification, conformément aux recommandations adressées par la DDTM en février 2021. Un inventaire complémentaire ciblant la Chouette hulotte, qui est une espèce dont la reproduction commence très tôt dans l'année, a été réalisé le 31 janvier 2023.

Au total, 16 journées de prospections ont été consacrées à l'observation des oiseaux. Au regard du nombre de sorties réalisées et de la superficie relativement restreinte de l'aire d'étude, la pression de prospection peut être considérée comme très bonne. Elle est, de fait, égale ou supérieure à celle habituellement pratiquée pour ce type de projet pour ce type de milieux.

Les inventaires de l'avifaune nicheuse en avril sont susceptibles de poser problème car les mâles chanteurs observés sont pour partie des migrants. Ainsi, il a été préféré des inventaires en mai et juin. Les espèces les plus précoces, à savoir les pics, l'Alouette lulu et les rapaces nocturnes ont été inventoriées lors du passage consacré à la migration prénuptiale de l'essentiel des espèces le 23 mars et le 23 avril.

Les oiseaux nocturnes ont été inventoriés lors des passages consacrés aux amphibiens (le 13 mai 2020 sur la zone du projet d'extension et le 23 avril 2021 sur la zone en renouvellement) et lors de ceux consacrés aux chauves-souris (le 24 juin et le 6 août 2020 sur la zone du projet d'extension et le 1^{er} juin et le 2 septembre 2021 sur la zone en renouvellement).

Sont désignées comme « patrimoniales » les espèces d'oiseaux devant faire l'objet d'une attention forte lors du projet d'aménagement en raison de leur statut de conservation défavorable au niveau européen, national, et/ou régional, mais également en raison des particularités départementales ou locales d'ordre biogéographique ou populationnelles s'y rapportant.

La **patrimonialité** de ces espèces a été attribuée sur la base de différents critères :

- statut de protection européen (directive Oiseaux) ;
- statut de conservation national (liste rouge française de l'IUCN) ;
- statut de conservation régional (liste rouge en Pays de la Loire).

Les indices de **nidification** ont été classés selon la codification internationale du Comité de l'atlas ornithologique européen (European Ornithological Atlas Committee).

Tableau 13 : codification internationale du Comité de l'Atlas Ornithologique Européen

Nidification possible
Présence dans son habitat durant sa période de nidification. Mâle chanteur présent en période de nidification, cris nuptiaux ou tambourinage entendus.
Nidification probable
Couple présent dans son habitat durant sa période de nidification. Territoire permanent présumé en fonction de l'observation de comportements territoriaux ou de l'observation à 8 jours d'intervalle au moins d'un individu au même endroit. Comportement nuptial : parades, copulation ou échange de nourriture entre adultes. Visite d'un site de nidification probable. Distinct d'un site de repos. Cri d'alarme ou tout autre comportement agité indiquant la présence d'un nid ou de jeunes aux alentours. Preuve physiologique : plaque incubatrice très vascularisée ou œuf présent dans l'oviducte. Observation sur un oiseau en main. Transport de matériel ou construction d'un nid ; forage d'une cavité (pics).
Nidification certaine
Oiseau simulant une blessure ou détournant l'attention, tels les canards, gallinacés, oiseaux de rivage, etc. Nid vide ayant été utilisé ou coquilles d'œufs de la présente saison. Jeunes en duvet ou jeunes venant de quitter le nid et incapables de soutenir le vol sur de longues distances. Adulte gagnant, occupant ou quittant le site d'un nid ; comportement révélateur d'un nid occupé dont le contenu ne peut être vérifié (trop haut ou dans une cavité). Adulte transportant de la nourriture pour les jeunes ou des sacs fécaux durant sa période de nidification. Nid vu avec un adulte couvant. Nid contenant des œufs ou des jeunes (vus ou entendus).

Tableau 14 : dates des inventaires ornithologiques – extension

Date	Période du cycle biologique	Conditions météorologiques	Intervenant
26 février 2020 (diurne)	Hivernage	Éclaircies, pluie, 4 °C à 11 °C	Pascal Bellion
7 avril 2020 (diurne)	Migration prénuptiale / reproduction	Nuageux, 12 °C à 20 °C	Willy Maillard
13 mai 2020 (nocturne)	Reproduction	Éclaircies, 8 °C à 17 °C	Vincent Voeltzel
3 juin 2020 (diurne)	Reproduction	Éclaircies, 14 °C à 25 °C	Marc Bellion
24 juin 2020 (nocturne)	Reproduction	Dégagé, 20 °C	Alexane Broussin
6 août 2020 (nocturne)	Migration postnuptiale	Dégagé, 24 °C	Alexane Broussin
20 août 2020 (diurne)	Migration postnuptiale	Quelques nuages, 18 °C à 27 °C	Willy Maillard
7 septembre 2020 (diurne)	Migration postnuptiale	Ensoleillé, 9 °C à 24 °C	Marc Bellion
31 janvier 2023 (nocturne)	Reproduction de la Chouette hulotte	Dégagé, pas de vent, 7 °C à 8 °C	Willy Maillard

Tableau 15 : dates des inventaires ornithologiques – renouvellement

Date	Période du cycle biologique	Conditions météorologiques	Intervenant
4 février 2021 (diurne)	Hivernage	Éclaircies, 3 °C à 8 °C	Willy Maillard
23 mars 2021 (diurne)	Migration prénuptiale	Ensoleillé, 6 °C à 12 °C	Thomas Perronno
23 avril 2021 (nocturne)	Reproduction	Dégagé, pas de vent, 14 °C	Vincent Voeltzel
5 mai 2021 (diurne)	Reproduction	Ensoleillé, 10 °C à 14 °C	Thomas Perronno
1 ^{er} juin 2021 (nocturne)	Reproduction	Nuageux, 22 °C	Chloé Tanton
22 juin 2021 (diurne)	Reproduction	Nuageux, 15 °C à 17 °C	Thomas Perronno
2 septembre 2021 (nocturne)	Migration postnuptiale	Très nuageux, 17 °C	Thomas Perronno

3.2 RESULTATS

3.2.1 EXTENSION

Sur les six passages, 80 espèces ont été inventoriées, ce qui illustre une forte diversité de l'avifaune étant donné la superficie relativement restreinte de l'aire d'étude. Cependant, sur ces 80 espèces, un certain nombre (Chevalier aboyeur, Râle d'eau, Bécasseau variable, etc.) n'a été observé qu'en vol et n'est pas lié aux habitats présents sur l'aire d'étude.

Dans l'analyse des résultats, seules sont considérées les espèces fréquentant le site pour se reposer, s'alimenter ou se reproduire, et pas les espèces en simple survol.

3.2.1.1 NICHEURS PATRIMONIAUX

Sont détaillés les résultats des espèces ayant été observées posées ou en vol en chasse active sur le site. L'Hirondelle rustique, le Martinet noir et la Mouette rieuse n'ont été observés qu'en simple survol.

Alouette des champs

L'espèce est en nette régression et est considérée comme quasi menacée en Pays de la Loire même si elle reste encore assez répandue. Un oiseau survole la zone en chantant. Bien que potentiellement hospitalier, le secteur n'abrite vraisemblablement aucun nicheur, aucun indice sérieux de nidification n'ayant été relevé.

Alouette lulu

Hôte des milieux ensoleillés et arbustifs, l'espèce est bien représentée sur la zone, affectant en particulier le secteur de « la douve » où trois individus adultes sont présents au cœur de la période de reproduction et semblent fidèles au site, gagnant entre autres un site de nid potentiel. Sa nidification est probable dans ce secteur, avec une densité allant d'un à deux couples. Par ailleurs, cinq oiseaux en halte migratoire, en septembre, semblent utiliser la parcelle ouest qui jouxte la carrière pour le repos et un oiseau survole le site.

Chardonneret élégant

Aucun indice probant de reproduction n'a été décelé au cours des prospections pour cette espèce en régression. Cependant, les habitats sont favorables, notamment les haies qui bordent la route et les zones arbustives isolées en milieu ensoleillé. Il est possible néanmoins que les jardins avec arbres fruitiers, situés à proximité de l'aire d'étude, puissent être privilégiés. La présence de quatre oiseaux en septembre dans le secteur de « la douve » pourrait correspondre à des jeunes en cours d'émancipation. La zone d'étude est par ailleurs survolée par les migrants.

Faucon crécerelle

L'espèce est présente de manière régulière sur l'aire d'étude. Elle pourrait nicher dans des nids abandonnés dans les haies d'arbres de haut-jet ; de tels nids sont présents sur le secteur de chasse d'un mâle. Sa présence récurrente et l'observation de deux oiseaux en période postnuptiale rendent la reproduction de ce rapace patrimonial possible.

Linotte mélodieuse

La présence de végétation épineuse et de graminées, combinée à un milieu sec, chaud, ouvert, varié, composé de haies et de petites friches correspond aux exigences de la Linotte mélodieuse. Le site est propice à l'espèce ; elle y est bien présente et la présence d'un nid révélé par les appels des jeunes après ravitaillement confirme son caractère de nicheur certain. Neuf adultes différents sont notés, ce qui amène à

considérer la présence de quatre couples répartis sur les buissons et les haies qui composent le site. La Linotte mélodieuse se raréfie ; elle est considérée comme vulnérable à l'échelle régionale comme nationale, avec « la disparition des trois quarts de la population » (Jiguet, 2011). L'espèce est observée en transit au cours de la période postnuptiale, les zones favorables aux reproducteurs pourraient tout autant l'être pour ravitailler les migrants en halte.

Œdicnème criard

L'Œdicnème criard est un oiseau nocturne difficile à observer. Deux prospections nocturnes ont été réalisées en période de nidification et une en période de migration postnuptiale. Les milieux présents sur la zone du projet d'extension correspondent aux exigences de cette espèce mais seul un chanteur a été entendu dans la zone d'étude, au mois de juin. L'essentiel des contacts a été réalisé sur les terrains minéraux de la sablière ou sur les terrains agricoles alentours. Saint-Colomban se situe dans la zone de répartition restreinte des Œdicnèmes criards nicheurs de Loire-Atlantique, dans une région dont la responsabilité est importante pour cette espèce qui est inscrite à l'annexe I de la directive Oiseaux. L'espèce, qui apprécie les milieux à végétation rase comme certaines grandes cultures n'est pas menacée aux échelles française ou régionale.

Pic noir

Un couple est présent dans la partie bocagère nord de la zone. Les oiseaux sont assez démonstratifs ; ils semblent être en parade et fidèles à l'endroit. Espèce à l'origine forestière et montagnarde, elle est implantée dans la région depuis les années 1980, restant localisée et peu commune. Sa présence sur la zone d'étude peut paraître surprenante, mais les reproducteurs ne s'avèrent pas toujours exigeants quant au choix de l'habitat et peuvent choisir des bosquets isolés. La présence, sur l'aire d'étude, de nombreux arbres sénescents notamment de châtaigniers sur le site, source de nourriture et pouvant abriter le nid, rend la reproduction de l'espèce possible.

Tarier pâtre

Le Tarier pâtre affectionne les milieux buissonnants et la végétation rase en dehors des zones urbanisées ; il s'accommode des fourrés et des haies présents sur le site. Les densités sont rarement élevées et l'espèce connaît une nette érosion de ses populations dans la région. Seul un oiseau a été observé en juin sur l'aire d'étude dans un roncier non pérenne (régulièrement broyé) en bord de parcelle. L'observation de multiples oiseaux en septembre est sûrement le fait d'une famille en reproduction à proximité immédiate, composée en plus de migrants en halte s'alimentant dans les ronciers en fruit.

Tourterelle des bois

Le site est très prisé par la Tourterelle de bois, qui fréquente les haies et les fourrés. Son régime composé presque exclusivement de petites graines la rend dépendante des graminées. Ses effectifs sur l'aire d'étude sont remarquablement élevés avec six oiseaux cantonnés, dont trois mâles chanteurs et en parade aérienne. Sa reproduction, qui reste difficile à prouver, est donc vraisemblable. La population nicheuse peut être estimée à trois couples minimum. En septembre, deux oiseaux interrompent leur migration et utilisent la haie bocagère à l'ouest du site pour se reposer et se réfugier. La Tourterelle des bois connaît un déclin notoire ; sa préservation est devenue un enjeu majeur. L'espèce est vulnérable aux échelles mondiale et nationale.

Verdier d'Europe

Le site qui s'avère peu hospitalier pour l'espèce, qui affectionne probablement plutôt les jardins situés en périphérie. Les oiseaux en transit survolent très certainement la zone d'étude lors de la période de migration.

La carte présentée Figure 19 page 55 synthétise l'ensemble des observations d'oiseaux patrimoniaux (protégés, menacés ou à l'annexe I de la directive Oiseaux) observés en période de nidification sur l'aire d'étude et ses abords immédiats.

3.2.1.2 AUTRES ESPECES NICHEUSES

Parmi les espèces rencontrées durant cette saison, a été notée la Fauvette grisette, une espèce inféodée aux espaces buissonnants (haies denses, ronciers, friches...). L'espèce est en déclin de 19 % sur la période 2002-2015 à l'échelle régionale. Elle niche aussi au sud de la zone et fréquente le secteur pour s'alimenter de mûres et d'insectes en période de migration.

Parmi les rapaces, la Buse variable et la Chouette hulotte sont présentes sur l'aire d'étude. Leur nidification est possible.

Le passage supplémentaire réalisé pour la Chouette hulotte le 31 janvier 2023 n'a pas permis de contacter l'espèce, malgré l'utilisation de la repasse.

3.2.1.3 ESPECES OBSERVEES EN PERIODE INTERNUPTIALE

Au total, en période internuptiale (en y incluant également les données du 7 avril, pour lesquelles les statuts de nidification sont le plus souvent incertains), 69 espèces ont été notées.

La Cisticole des Joncs, thermophile, est bien représentée au sud de la Loire. Elle n'a pas été notée sur la zone d'étude au cours du printemps. Deux oiseaux ont été notés en septembre au niveau des secteurs cultivés.

La Bergeronnette printanière utilise le site en halte migratoire. La Caille des blés a été notée au cœur des parcelles ; elle est rare en Loire-Atlantique et son statut est défavorable en Europe.

La présence d'eau à proximité est profitable à quelques espèces patrimoniales qui survolent la zone en étape migratoire, telles que l'Hirondelle rustique, le Râle d'eau ou le Faucon hobereau qui se nourrissent d'insectes.

Le Pic épeichette, espèce peu commune, et la Bouscarle de Cetti, ont été entendus sur la partie extérieure ouest de la zone d'étude.



Figure 17 : Cisticole des joncs



Figure 18 : Tarier pâte

Tableau 16 : espèces d'oiseaux contactées en période de nidification – extension

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR FR nicheurs (2016)	LR PDL nicheurs (2014)	Dir. Ois. Ann. I	Espèce protégée	Indice de nidification			
						Simple présence	Nicheur possible	Nicheur probable	Nicheur certain
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	LC	LC		Art. 3				X
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	NT	NT				X		
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	LC	LC	X	Art. 3				X
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Bruant zizi	<i>Emberiza cirius</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	VU	NT		Art. 3		X		
Choucas des tours	<i>Coloeus monedula</i>	LC	LC			X			
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	LC	LC				X		
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC				X		
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	NT	LC		Art. 3			X	
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Fauvette grisette	<i>Curruca communis</i>	LC	LC		Art. 3				X
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	LC	LC				X		
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	LC	LC		Art. 3	X			
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	LC	LC				X		
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	LC	LC		Art. 3	X			
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	LC	LC		Art. 3	X			
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	LC	LC		Art. 3	X			
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	NT	LC		Art. 3	X			
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	VU	VU		Art. 3				X
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	NT	LC		Art. 3	X			
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	LC	LC						X

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR FR nicheurs (2016)	LR PDL nicheurs (2014)	Dir. Ois. Ann. I	Espèce protégée	Indice de nidification			
						Simple présence	Nicheur possible	Nicheur probable	Nicheur certain
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	LC	LC		Art. 3				X
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	NT	LC		Art. 3	X			
Édicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	LC	LC	X	Art. 3	X			
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	LC	NE				X		
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	LC	LC	X	Art. 3		X		
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	LC	LC		Art. 3		X		
Pigeon biset (domestique)	<i>Columba livia domestica</i>	LC	NE				X		
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	LC	LC					X	
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	LC	LC		Art. 3				X
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	NT	NT		Art. 3	X			
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	VU	NT					X	
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	LC	LC		Art. 3			X	
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	VU	NT		Art. 3	X			

Tableau 17 : espèces d'oiseaux contactées en période interuptiale – extension

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge France hivernants (2016)	Liste rouge France migrateurs (2016)	Directive oiseaux annexe I	Espèce protégée
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	NA ^c	-		Art. 3
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>	DD	NA ^d		
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	NA ^d	-		Art. 3
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	-	-		Art. 3
Bruant zizi	<i>Emberiza cirius</i>	-	NA ^d		Art. 3
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	NA ^c	NA ^c		Art. 3
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC	NA ^d		
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	-	-		Art. 3
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	NA ^d	-		
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	LC	NA ^c		
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	NA ^c	NA ^c		
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	NA ^d	-		
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	LC	NA ^d		Art. 3
Grande Aigrette	<i>Ardea alba</i>	LC	-	X	Art. 3
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	NA ^d	-		Art. 3
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	NA ^d	NA ^d		
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	NA ^c	NA ^d		
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	NA ^d	NA ^d		
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	-	NA ^b		Art. 3
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	-	NA ^b		Art. 3
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	NA ^b	NA ^d		Art. 3
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	-	NA ^b		Art. 3
Mouette mélanocéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i>	NA ^c	NA ^c		Art. 3
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	LC	NA ^d		Art. 3
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	NA ^d	NA ^d		
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	NA ^d	-		Art. 3

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge France hivernants (2016)	Liste rouge France migrateurs (2016)	Directive oiseaux annexe I	Espèce protégée
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>				
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	-	-		Art. 3
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	-	-		
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	LC	NA ^d		
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	DD	NA ^d		Art. 3
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	NA ^d	NA ^c		Art. 3
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>	NA ^d	NA ^d		
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	-	NA ^d		
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	LC	-		
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i>	DD	NA ^d		
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	NA ^d	-		Art. 3

3.2.1.4 BILAN

Parmi les 80 espèces d'oiseaux observées à l'occasion de nos six visites réalisées de l'hiver à l'automne 2020, sept sont à la fois patrimoniales et nicheuses de façon possible à certaine sur l'aire d'étude (Alouette des champs, Alouette lulu, Faucon crécerelle, Linotte mélodieuse, Pic noir, Tarier pâtre, Tourterelle des bois).

Malgré le fait que les milieux soient constitués exclusivement de champs cultivés et que le réseau de haies est peu dense et les fourrés peu nombreux, la diversité avifaunistique est forte.

Les haies et les zones de fourrés concentrent l'essentiel des enjeux.

3.2.2 RENOUVELLEMENT

Sur les trois passages, 61 espèces ont été inventoriées, ce qui illustre une diversité élevée de l'avifaune, considérant la superficie relativement restreinte de l'aire d'étude. Sur ces 61 espèces, un certain nombre (Faucon Pèlerin, Busard Saint-Martin, Grand Cormoran, Mouette Mélanocéphale, etc.) n'a été observé qu'en vol et n'est pas lié aux habitats présents sur l'aire d'étude.

Dans l'analyse des résultats, seules sont considérées les espèces fréquentant le site pour se reposer, s'alimenter ou se reproduire, et pas les espèces en simple survol.

3.2.2.1 NICHEURS PATRIMONIAUX

Sont détaillés les résultats des espèces ayant été observées posées ou en vol en chasse active sur le site. Le Busard-Saint-Martin et la Mouette mélanocéphale n'ont été observés qu'en simple survol.

Chardonneret élégant

Plusieurs couples ont été observés au niveau des haies séparant la carrière en exploitation des habitations et des cultures. L'espèce s'y reproduit probablement mais il est néanmoins possible que les jardins avec arbres fruitiers qui se situent à proximité soient privilégiés. L'espèce également été observée lors du passage en période pré-nuptiale.

Cisticole des joncs

L'espèce a été contactée au niveau de la jonchaie située au nord du bassin situé au nord-est de la zone. Ce secteur est favorable à la reproduction de cette espèce. L'espèce également été observée lors du passage en période pré-nuptiale, au même emplacement.

Faucon crécerelle

L'espèce est présente de manière régulière sur l'aire d'étude. Un couple quittant la bande boisée séparant les deux zones de l'aire principale est observé le 22 juin 2021. Les individus semblaient se diriger vers leur secteur de chasse comprenant notamment la prairie à proximité directe de cette haie. Il semble que ce couple niche à cet emplacement, cependant, la densité du feuillage n'a pas permis de détecter de nids, ne permettant pas de définir l'espèce comme nicheuse certaine.

Fauvette des jardins

Cette espèce qui apprécie les haies et les sous-bois touffus est présente sur le site durant sa période de reproduction. Elle fréquente, d'une part, la haie et la bande boisée bordant la sablière à l'ouest et, d'autre part, les arbustes situés au nord-est du bassin de décantation ouest. Seuls des individus chanteurs ont été détectés ; sa reproduction sur l'aire d'étude est possible.

Linotte mélodieuse

La Linotte mélodieuse se raréfie ; elle est considérée comme vulnérable à l'échelle régionale comme nationale, avec « la disparition des trois quarts de la population » (Jiguet, 2011). La présence de végétation épineuse et de graminées, combinée à un milieu sec, chaud, ouvert, composé de haies et de petites friches correspond aux exigences de la Linotte mélodieuse. Le site est ainsi propice à l'espèce ; elle y est bien présente. La présence d'un individu territorial alarmant et plongeant au sein d'une friche est notamment révélatrice d'une nichée probable en cours. Un minimum de 10 couples différents sont notés et répartis sur les buissons et les haies qui composent le site.

Œdicnème criard

L'Œdicnème criard est un oiseau thermophile essentiellement actif au crépuscule et de nuit. Au moins un couple, dont la nidification est probable, fréquente la zone est de la sablière. La commune de Saint-Colomban se situe dans la zone de répartition restreinte des nicheurs de Loire-Atlantique, une région dont la responsabilité est importante pour cette espèce inscrite à l'annexe I de la directive Oiseaux. L'espèce était également présente au printemps.

Serin cini

Cette espèce fréquente les parcs, les jardins et les lisières de bois. Un seul individu chanteur est entendu en provenance du jardin de l'habitation situé au sud de l'aire principale, à proximité de la haie de conifères la séparant de la sablière. Sa proximité immédiate avec la haie de conifère touffue, à la cime desquels l'espèce apprécie particulièrement construire son nid, rend sa reproduction possible sur la zone d'étude, d'autant plus qu'un individu fut recensé en période pré-nuptiale dans cette même haie.

Tarier pâtre

Un couple a été observé le long du sentier reliant la petite zone située à l'ouest et l'aire principale de la sablière. Une femelle, au comportement territorial, était également présente à proximité de la ripisylve du bassin situé au nord-est ; l'espèce étant monogame, sa présence sur cet habitat traduit l'existence d'un autre couple potentiel. L'espèce était également présente en période pré-nuptiale sur ces mêmes secteurs.

Tourterelle des bois

La Tourterelle des bois qui fréquente les haies et la végétation touffue peu élevée. Son régime composé presque exclusivement de petites graines la rend dépendante des graminées. Ses effectifs sur l'aire d'étude sont élevés avec six oiseaux cantonnés, dont 3 mâles chanteurs. Deux couples ont par ailleurs été observés en halte sur un fil électrique traversant la parcelle agricole située à l'extérieur de la zone d'étude, au sud. La reproduction de l'espèce, qui reste difficile à prouver, est probable et la population nicheuse peut être estimée à 3 couples minimum.

Notons également la présence de l'**Hirondelle rustique**, qui semble se reproduire au niveau des habitations situées au sud de la zone d'étude. Elle est observée en chasse sur l'ensemble de la partie ouest de la zone dont les terres cultivées situées à proximité représentent pour elle une zone d'alimentation privilégiée. Le **Goéland argenté** est également présent et non nicheur sur le site ; il est cantonné sur les berges des bassins de décantation. La **Mouette rieuse**, qui est une espèce côtière, ne se reproduit pas sur l'aire d'étude ; elle la fréquente occasionnellement s'alimenter. Elle a été observée en compagnie des goélands. Enfin le **Martinet noir** a été observé à une reprise, volant et chassant dans les zones cultivées situées à proximité du chemin reliant la petite zone située à l'ouest à l'aire principale de la sablière.

La carte présentée Figure 19 page 55 synthétise l'ensemble des observations d'oiseaux patrimoniaux (protégés, menacés ou à l'annexe I de la directive Oiseaux) observés en période de nidification sur l'aire d'étude de demande de renouvellement et ses abords immédiats.

3.2.2.2 NICHEURS NON PATRIMONIAUX

Une colonie d'Hirondelle de rivage, constituée d'une trentaine d'individus, niche sur la paroi située à l'extrémité est de la sablière. L'espèce – qui n'est pas considérée patrimoniale car non menacée – recherche les zones meubles, notamment sableuses, en situation verticale, pour creuser son terrier. Ainsi, elle fréquente couramment les sablières.

La Fauvette grisette niche au niveau des espaces buissonnants (haies denses, ronciers, friches...).

l'Hypolaïs polyglotte et la Fauvette à tête noire fréquentent les fourrés et arbustes présents de manière éparse sur l'ensemble de l'aire d'étude.

Les bandes boisées présentes au sein de la sablière et les boisements situés à proximité abritent, en reproduction probable, Bruant zizi, l'Étourneau sansonnet, le Geai des chênes, le Merle noir, la Mésange à longue queue, la Mésange bleue, le Pinson des arbres, le Pic épeiche, le Pigeon ramier et le Pouillot véloce.

Plusieurs d'espèces affectionnant les étendues d'eau nichent sur la zone. C'est le cas du Canard colvert, du grèbe castagneux et du Foulque macroule. Il est également probable que le grèbe huppé et la Gallinule poule d'eau se reproduise sur la sablière.

La Bergeronnette grise se reproduit également sur la zone. Deux juvéniles ont été aperçus fréquentant les berges des bassins.

Le Busard-Saint-Martin a été observé en chasse sur les labours à l'ouest de l'aire d'étude.

3.2.2.3 ESPECES OBSERVEES EN PERIODE INTERNUPTIALE

Parmi les 26 espèces d'oiseaux recensées en hiver le 4 février 2020, certaines sont inféodées aux milieux aquatiques présents (bassins en eau, boues végétalisées). La zone humide remblayée qui était située au sud de la Métellerie avait permis l'observation de 14 Bécassines des marais à l'envol ; il est probable que l'effectif était sous-estimé puisque l'accès à ce bassin n'était pas possible. De petits groupes de Pipit farlouse fréquentaient également cette zone. Nous n'avons pas trouvé le Pipit spioncelle mais c'est un hôte régulier de ce type d'habitat.

Un couple de Grèbe castagneux fréquentait le bassin le plus au nord et quatre autres adultes ont été observés sur le bassins attenants, à l'est. La reproduction est envisageable sur ces bassins compte tenu de la végétation aquatique présente (nombreux héliophytes).

Quant au Tadorne de Belon, un couple était présent sur le bassin le plus à l'est, avec des survols réguliers de l'ensemble des bassins, suggérant une possible installation pour la nidification.

Notons aussi la présence de la Mouette rieuse, avec un groupe en alimentation sur un bassin. Il est par ailleurs possible qu'un dortoir se crée, au moins occasionnellement, puisque le site constitue une zone de quiétude la nuit.

Les passereaux sont surtout observés au niveau des haies. Les espèces qui dominent sont le Pouillot véloce et le Roitelet huppé. La Bouscarle de Cetti fréquente généralement les ripisylves mais a aussi été notée dans les haies de chênes.

Les rapaces sont peu nombreux mais le Faucon crécerelle est régulier en chasse sur les espaces enherbés. Un mâle a d'autre part été observé sur un ancien nid de corvidé dans une haie à proximité de la Grande Garde, laissant présager une reproduction locale.

Les bassins en eau présentent une certaine attractivité pour des espèces patrimoniales telles que la Mouette rieuse et la Mouette mélanocéphale, mais, globalement, leur intérêt comme reposoir semble limité.

La Bécassine des marais a également été observée en période pré-nuptiale, notamment sur les secteurs réaménagés au nord de l'aire d'étude.

La Grande aigrette qui semble se nourrir occasionnellement dans la petite prairie située sur la sablière.

Tableau 18 : espèces d'oiseaux contactées en période de nidification – renouvellement

Nom vernaculaire	Nom scientifique	LR FR nicheurs (2016)	LR PDL nicheurs (2014)	Dir. Ois. Ann. I	Espèce protégée	Indice de nidification			
						Simple présence	Nicheur possible	Nicheur probable	Nicheur certain
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	LC	LC		art. 3		X		
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	LC	LC		art. 3				X
Bruant zizi	<i>Emberiza cirulus</i>	LC	LC		art. 3			X	
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	LC	LC	X	art. 3	X			
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	LC	LC		art. 3		X		
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC	LC						X
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	VU	NT		art. 3			X	
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	VU	LC		art. 3			X	
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	LC	LC				X		
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	LC	LC		art. 3		X		
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC					X	
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	NT	LC		art. 3			X	
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	LC	LC		art. 3			X	
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	NT	LC		art. 3		X		
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	LC	LC		art. 3			X	
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	LC	LC						X
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	LC	LC					X	
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	LC	LC					X	
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	NT	NT		art. 3	X			
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	LC	LC		art. 3	X			
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	LC	LC		art. 3				X
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	LC	LC		art. 3			X	
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	LC	LC				X		
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	LC	LC		art. 3	X			
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	LC	LC		art. 3	X			
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	LC	LC		art. 3				X

Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	NT	LC		art. 3	X			
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	LC	LC		art. 3			X	
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	VU	VU		art. 3			X	
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	NT	LC		art. 3	X			
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	LC	LC					X	
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	LC	LC		art. 3			X	
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	LC	LC		art. 3			X	
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	LC	LC		art. 3		X		
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	LC	LC		art. 3	X			
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	LC	LC	X	art. 3	X			
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	NT	LC		art. 3	X			
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicanus</i>	LC	LC	X	art. 3			X	
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	LC	LC		art. 3			X	
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	LC	LC		art. 3		X		
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	LC	LC					X	
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	LC	LC		art. 3			X	
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	LC	LC		art. 3			X	
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	LC	LC		art. 3		X		
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	LC	LC		art. 3		X		
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	VU	NT		art. 3		X		
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	LC	LC		art. 3	X			
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubecula</i>	NT	NT		art. 3			X	
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	VU	NT					X	
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	LC	LC				X		

Tableau 19 : espèces d'oiseaux contactées en période de internuptiale – renouvellement

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge France hivernants (2016)	Liste rouge France migrateurs (2016)	Directive oiseaux annexe I	Espèce protégée
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	NA ^c	-		Art. 3
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	LC	NA ^d		
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	NA ^c	-		Art. 3
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>	LC	NA ^c		Art. 3
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	NA ^d	-		Art. 3
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	NA ^d	-		Art. 3
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	-	DD		Art. 3
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	-	-		Art. 3
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i>	-	NA ^d		Art. 3
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	NA ^c	NA ^c		Art. 3
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	-	NA ^d		
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	LC	NA ^d		
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>	NA ^c	LC		Art. 3
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>	NA ^c	DD		Art. 3
Choucas des tours	<i>Coloeus monedula</i>	NA ^d	-		Art. 3
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	-	-		Art. 3
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	NA ^d	-		
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	-	DD		Art. 3
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>	LC	NA ^d		
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	LC	NA ^c		
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	-	NA ^d		Art. 3
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	NA ^c	NA ^c		Art. 3
Fauvette grisette	<i>Curruca communis</i>	-	DD		Art. 3
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	-	DD		Art. 3
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	NA ^c	NA ^c		Art. 3
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	LC	NA ^d		Art. 3

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge France hivernants (2016)	Liste rouge France migrateurs (2016)	Directive oiseaux annexe I	Espèce protégée
Grande Aigrette	<i>Ardea alba</i>	LC	-	X	Art. 3
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	NA ^d	-		Art. 3
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	-	-		Art. 3
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	NA ^d	NA ^d		
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	NA ^d	NA ^d		
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	LC	NA ^c		Art. 3
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	-	DD		Art. 3
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	-	DD		Art. 3
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	-	DD		Art. 3
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	NA ^d	NA ^c		Art. 3
Martin pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i>	NA ^c	-		Art. 3
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	NA ^d	NA ^d		
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	-	NA ^b		Art. 3
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	-	NA ^b		Art. 3
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	NA ^b	NA ^d		Art. 3
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	-	NA ^b		Art. 3
Mouette mélanocéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i>	NA ^c	NA ^c		Art. 3
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	LC	NA ^d		Art. 3
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	-	-		
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	NA ^d	-		Art. 3
Pic épeichette	<i>Dryobates minor</i>	-	-		Art. 3
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	-	-		Art. 3
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	-	-		
Pigeon colombin	<i>Columba oenas</i>	NA ^d	NA ^d		
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	LC	NA ^d		
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	-	DD		Art. 3
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	DD	NA ^d		Art. 3
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	-	DD		Art. 3

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge France hivernants (2016)	Liste rouge France migrateurs (2016)	Directive oiseaux annexe I	Espèce protégée
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	NA ^d	NA ^c		Art. 3
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	-	NA ^c		Art. 3
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>	-	DD		Art. 3
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	NA ^d	NA ^d		Art. 3
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	-	NA ^c		
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	-	NA ^d		Art. 3
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	LC	NA ^d		Art. 3
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	NA ^d	NA ^d		

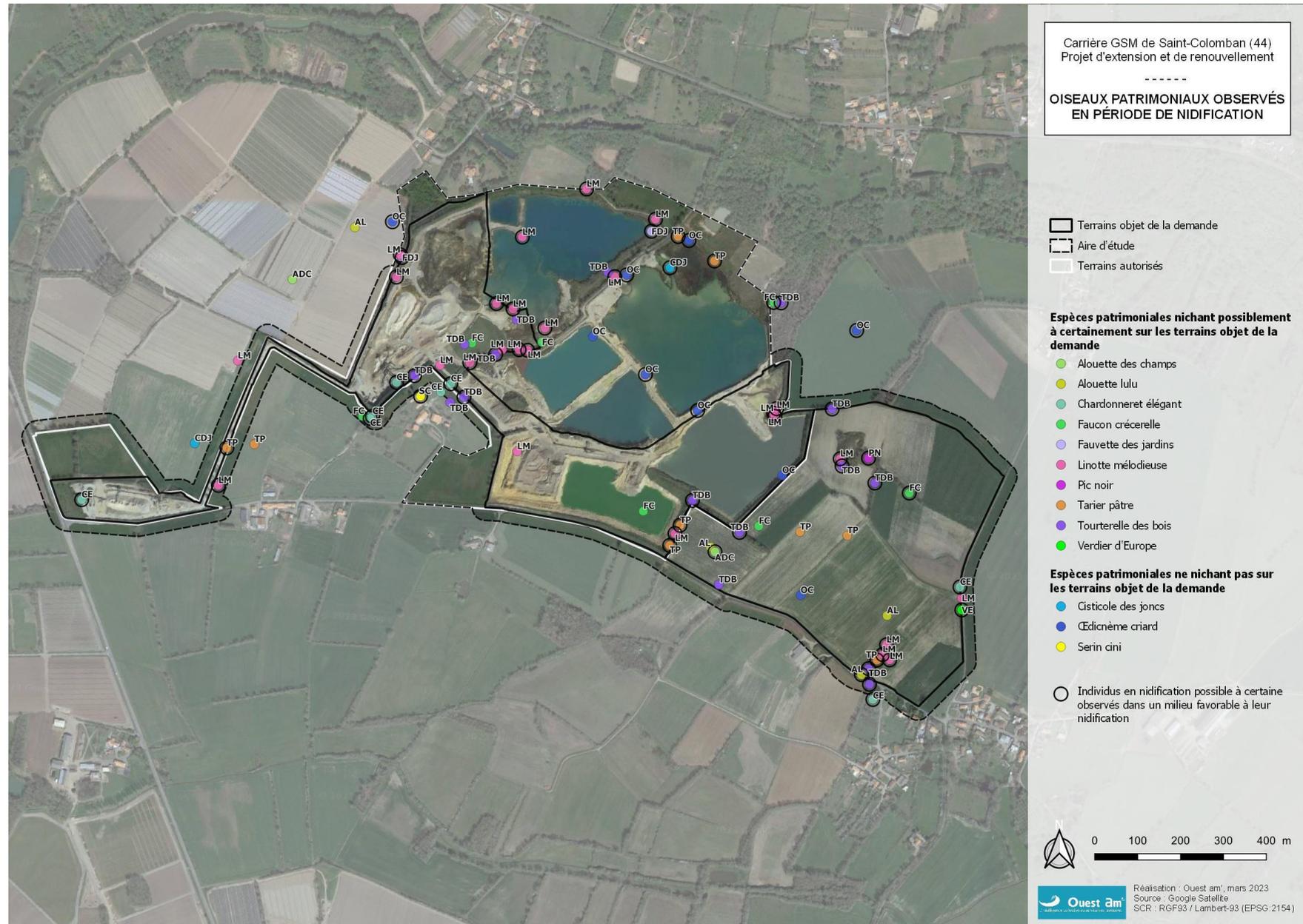


Figure 19 : localisation des nicheurs patrimoniaux contactés sur l'aire d'étude (les étiquettes correspondent aux initiales des espèces observées)

4 CHIROPTERES

4.1 METHODE

4.1.1 EXTENSION

Les inventaires ont été réalisés sur les terrains concernés par le projet d’extensions lors de deux soirées par analyse ultrasonore, le 24 juin et le 6 août 2020, et par des prospections des arbres gîte potentiels.

Tableau 20 : dates des suivis chiroptérologiques – extension

Date	Conditions météorologiques			Début du suivi	Fin du suivi	Observateur	Période du cycle biologique
	Température	Nébulosité	Vent				
24/06/2020	20 °C	0 %	Nul	22h45	23h48	Alexane Broussin	Mise-bas et élevage des jeunes
06/08/2020	24 °C	0 %	Nul	22h43	0h17	Alexane Broussin	Reproduction (swarming)

Les prospections ultrasonores ont été réalisées à l’aide d’un détecteur Echo Meter Touch 2 lors des soirées d’écoute. Les enregistrements ont été réalisés sur des points d’écoute de 10 minutes et sur des transects reliant ces points. Ils ont été analysés avec le logiciel Kaléidoscope.

Six points d’écoute ont été réalisés. Les écoutes commencent à la tombée de la nuit. Les points d’écoute ont été positionnés afin de couvrir tous les habitats de l’aire d’étude tout en évitant au mieux les recouvrements entre les zones étudiées (afin d’éviter de recenser plusieurs fois les mêmes individus dans la mesure du possible). Le point d’écoute n° 4 permet notamment l’inventaire des chauves-souris en chasse au niveau des haies situées autour de la zone humide, y compris celle qui s’étend vers l’est. Les stations d’écoute (écoutes actives) sont réalisées **de manière aléatoire** afin de limiter le biais lié à l’heure d’écoute.

4.1.2 RENOUVELLEMENT

Les terrains concernés par la demande de renouvellement ont également été inventoriés lors de deux soirées d’écoute, en 2021, à peu près aux mêmes moments de l’année.

Tableau 21 : dates des suivis chiroptérologiques – renouvellement

Date	Conditions météorologiques			Début du suivi	Fin du suivi	Observateur	Période du cycle biologique
	Température	Nébulosité	Vent				
01/06/2021	22 °C	25-50 %	faible à modéré	22h00	0h20	Chloé Tanton	Mise-bas et élevage des jeunes
02/09/2021	17 °C	100 %	faible	22h30	0h50	Thomas Perronno	Reproduction (swarming)

1^{er} juin 2021

La température est restée au-dessus des 16°C dans les deux premières heures de la nuit, garantissant une chaleur suffisante pour l'activité des chiroptères. Le tout début de nuit (22h00-22h15) est marqué par un vent faible (environ 15 km/h), en provenance nord-est, et par quelques gouttes de pluie.

Pour l'écoute active, des transects sont réalisés à l'aide de l'application EMT en se déplaçant à pied sur les secteurs prévus à l'étude. Ces transects sont complémentaires à l'écoute passive et nous permettent d'obtenir des informations clef sur les comportements et les axes de vol des chauves-souris.

Les écoutes passives sont réalisées à l'aide de quatre enregistreurs Audiomoths sur des points fixes, fonctionnant en mode automatique, sur différents points du site d'étude. Ces enregistreurs sont programmés pour enregistrer 20 minutes en début de nuit, généralement une demi-heure après le coucher du soleil (début d'activité nocturne). Ces points permettent donc de contrôler la fréquentation des Chiroptères dans un environnement immédiat du point d'écoute.

Le logiciel de détermination automatique que nous utilisons (Kaleidoscope®) pour traiter les sons enregistrés permet de donner un indice de confiance pour chaque séquence et fait le tri entre bruits parasites (appelés « Noise ») et les sons émis par les chauves-souris. Le logiciel est plutôt efficace pour déterminer la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. En dehors de ces deux espèces, les séquences ont été vérifiées manuellement. Les déterminations manuelles sont réalisées en partie avec le logiciel Batsound®, ce logiciel étant plus adapté pour les déterminations difficiles (murins). Chaque enregistrement est analysé pour aboutir à la détermination d'une ou de plusieurs espèces. Cependant, précisons qu'à l'heure actuelle, les logiciels de détermination automatique les plus performants ne permettent pas d'identifier de manière certaine les espèces présentes sur chaque séquence enregistrée.

2 septembre 2021

Les inventaires se sont déroulés dans des conditions satisfaisantes. L'écoute au point n°4 a été réalisé avec un Echometer touch plutôt qu'avec un Audiomoth, ce qui peut expliquer l'apparente plus faible activité, le micro étant de moins bonne qualité.

4.1.3 QUANTIFICATION DE L'ACTIVITE

L'activité est estimée en fonction du nombre de contacts : occurrence d'une espèce par tranche de cinq secondes, multipliée par le nombre d'individus de cette espèce audibles en simultané (limite appréciable = 5 individus). Le nombre de contacts varie de 0 à 60 (12 contacts x 5 individus) par minute, et de 0 à 3600 par heure. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet une mesure plus précise de l'activité. Son principal inconvénient est qu'elle offre une plus grande sensibilité aux conditions de réception¹.

L'activité est caractérisée selon le barème suivant :

- activité faible si nombre de contacts par heure ≤ 50 ;
- activité modérée si $50 < \text{nombre de contacts par heure} \leq 130$;
- activité forte si $130 < \text{nombre de contacts par heure} \leq 200$;
- activité très forte si > 200 .

La patrimonialité est définie en fonction du statut sur les listes rouges nationale et régionale.

Tableau 22 : niveaux de patrimonialité - chiroptères

Statut liste rouge	DD, NA, NE	LC	NT	VU, EN et CR
Patrimonialité	Faible	Faible	Moyenne	Forte

Les différents points d'écoute ont été réalisés à proximité de boisements ou de haies. Des transects ont été réalisés dans les cultures.

¹ Barataud M. 2015 – *Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. 3^e éd. Biotopie, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 p.

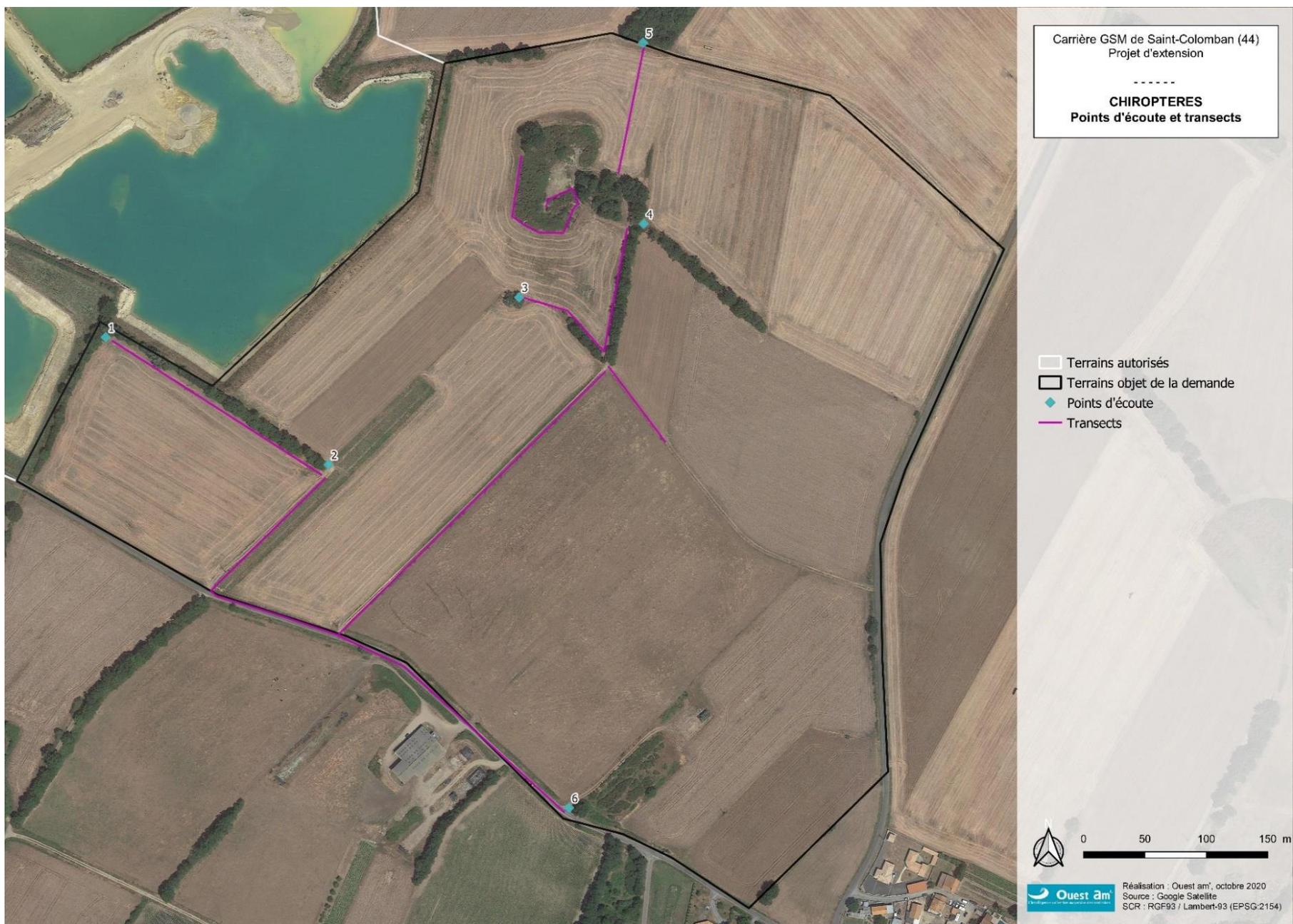


Figure 20 : méthodologie d'inventaire des chiroptères, extension

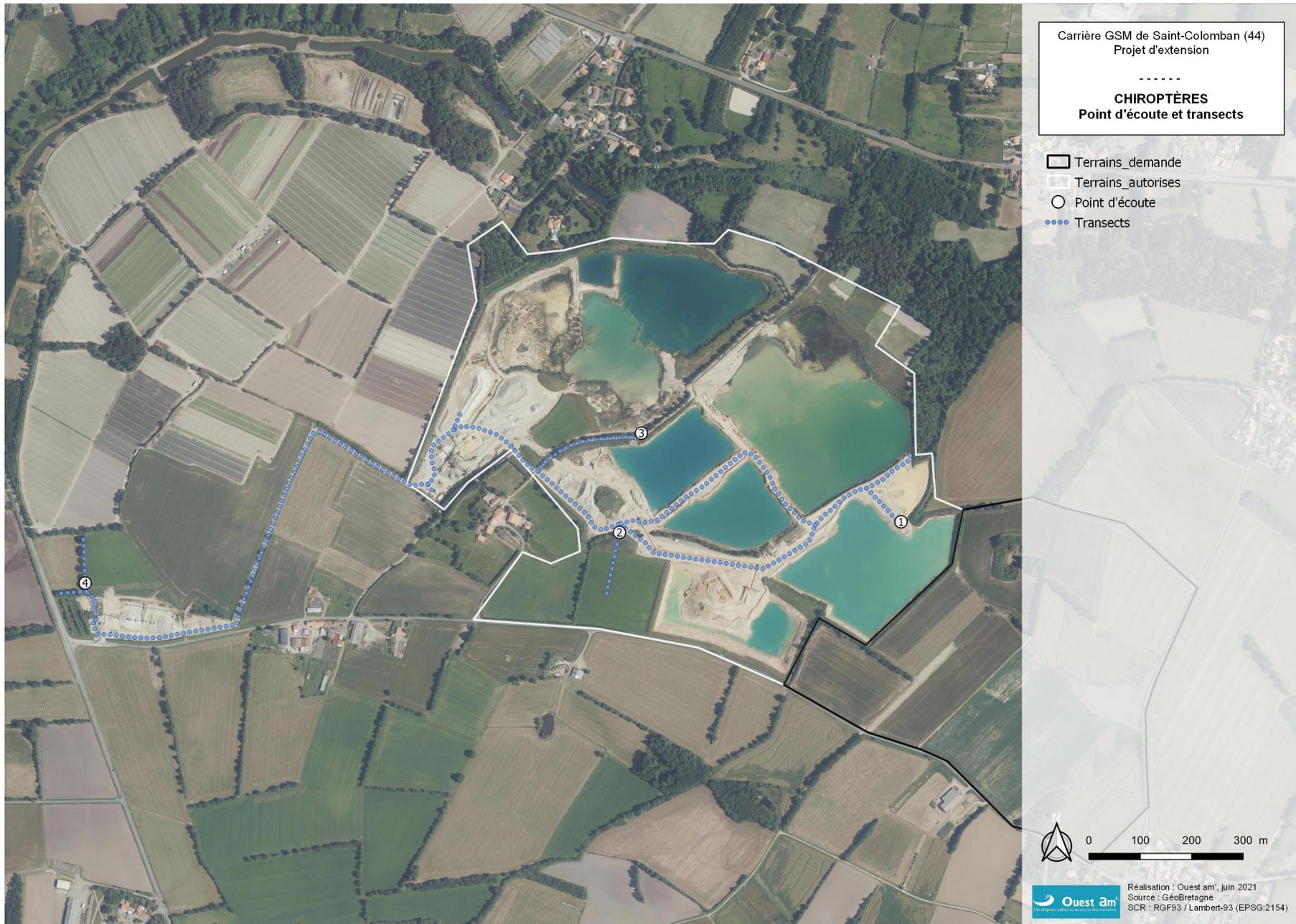


Figure 21 : méthodologie d'inventaire des chiroptères, renouvellement

4.2 RESULTATS

Aucun gîte (temporaire, d’hibernation ou de reproduction) n’a été identifié avec certitude sur l’aire d’étude. Cependant, des gîtes, au moins temporaires, sont probables au niveau des arbres accueillant du Grand Capricorne, les petites espèces comme les pipistrelles étant susceptibles de se glisser dans les galeries.

4.2.1 EXTENSION

Durant les deux nuits d’écoute, **7 espèces de chiroptères** ont été recensées.

Pour certains enregistrements, l’identification n’a pas été possible à l’espèce. Ils ont donc été classés dans les groupes suivants :

- Oreillard indéterminé ;
- Murin indéterminé.

Tableau 23 : liste des chiroptères contactés sur l’ensemble de l’aire d’étude – extension

Nom latin	Nom vernaculaire	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Pays de la Loire (2020)	Directive HFF	Protection nationale
<i>Barbastellus barbastellus</i>	Barbastelle d’Europe	LC	LC	Ann. II	Art. 2
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	NT	VU	Ann. IV	Art. 2
<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	LC	NT	Ann. IV	Art. 2
<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches	LC	LC	Ann. IV	Art. 2
<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	VU	VU	Ann. IV	Art. 2
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	LC	LC	Ann. IV	Art. 2
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	NT	NT	Ann. IV	Art. 2

LC : Préoccupation mineure ; NT : quasi-menacée ; VU : vulnérable ; EN : En Danger ; DD : données insuffisantes

24 juin 2020, extension

Durant cette première nuit d’écoute, ce sont 6 espèces qui ont été contactées sur la totalité du site : Barbastelle d’Europe, Murin à Moustache, Noctule commune, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle commune et Sérotine commune.

L’écoute active a permis d’obtenir 196 contacts au cours des points d’écoute et des transects et pour une durée cumulée de 65 minutes (soit 1,08 heure). Le taux d’activité globale sur l’ensemble des données collectées en écoute active est de 181 contacts/heure.

Pour cette nuit d’écoute, l’activité globale sur le site est forte.

L’activité est dominée par la Sérotine commune, avec 86 contacts. Celle-ci a été observée en chasse au-dessus d’une culture entourée de haies sur la partie centrale de l’aire d’étude. Les autres espèces ont été observées en transit le long des haies ou suivant les chemins agricoles.

6 août 2020, extension

Durant cette seconde session se sont 5 espèces qui ont été identifiées (Murin de Daubenton, Noctule commune, Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl et Sérotine commune), et 2 espèces non identifiées au-delà du groupe (Oreillard sp et Murin sp).

L'écoute active a permis d'obtenir 77 contacts au cours des points d'écoute et des transects et pour une durée cumulée de 100 minutes (soit 1,67 heure). Le taux d'activité globale sur l'ensemble des données collectées en écoute active est de 46 contacts/heure.

Pour cette seconde nuit d'écoute, l'activité globale sur le site est faible.

A l'inverse des écoutes du mois de juin, la Sérotine commune n'a été identifiée que par un seul contact en août et l'espèce dominante est la Pipistrelle commune avec 49 contacts.

Certains signaux peuvent correspondre à huit espèces dont au moins quatre sont présentes dans le département : le Grand Murin, le Murin de Bechstein, le Murin à moustaches et le Murin de Daubenton. Au regard de la localisation des enregistrements, le plus probable est qu'ils correspondent au Murin de Daubenton.

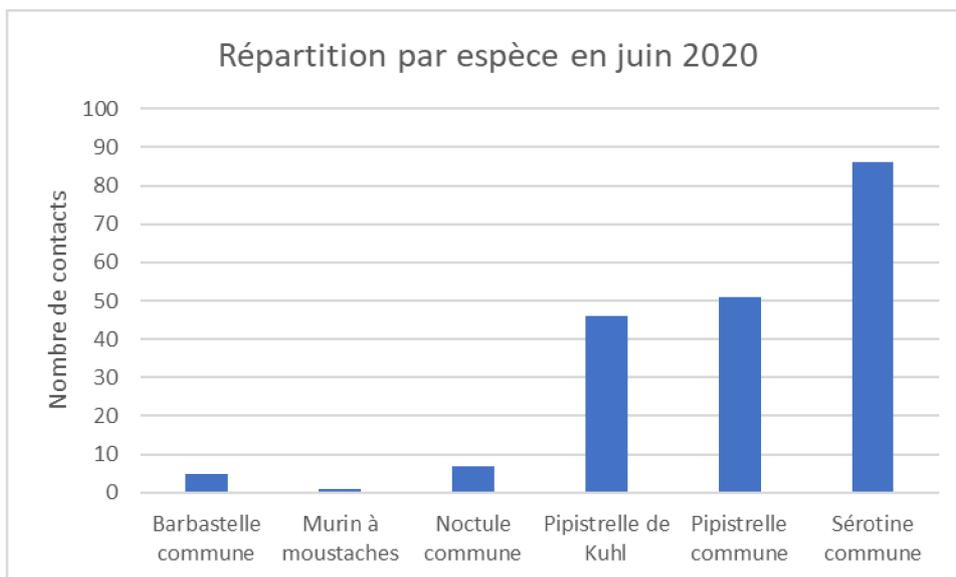


Figure 22 : répartition des contacts par espèce – juin 2020

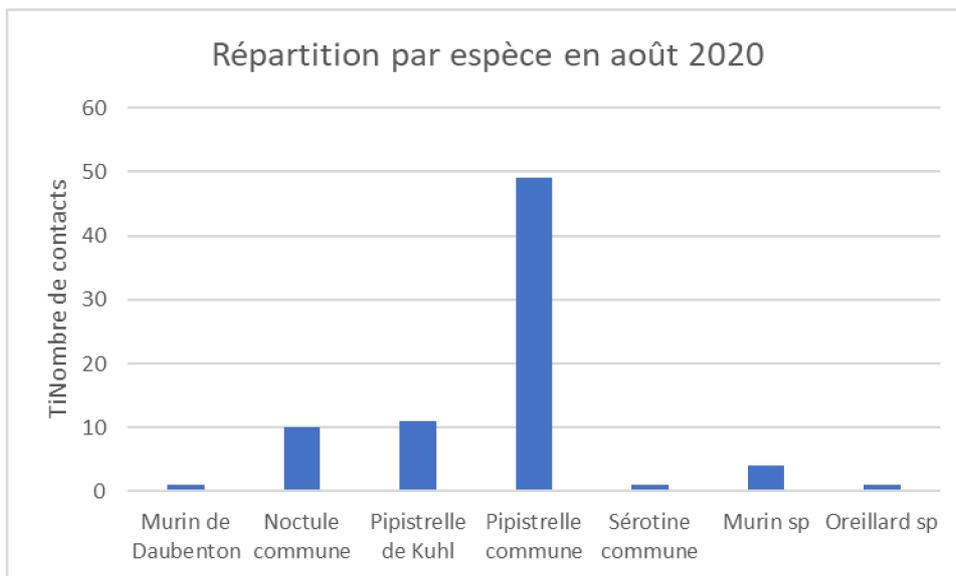


Figure 23 : répartition des contacts par espèce – août 2020

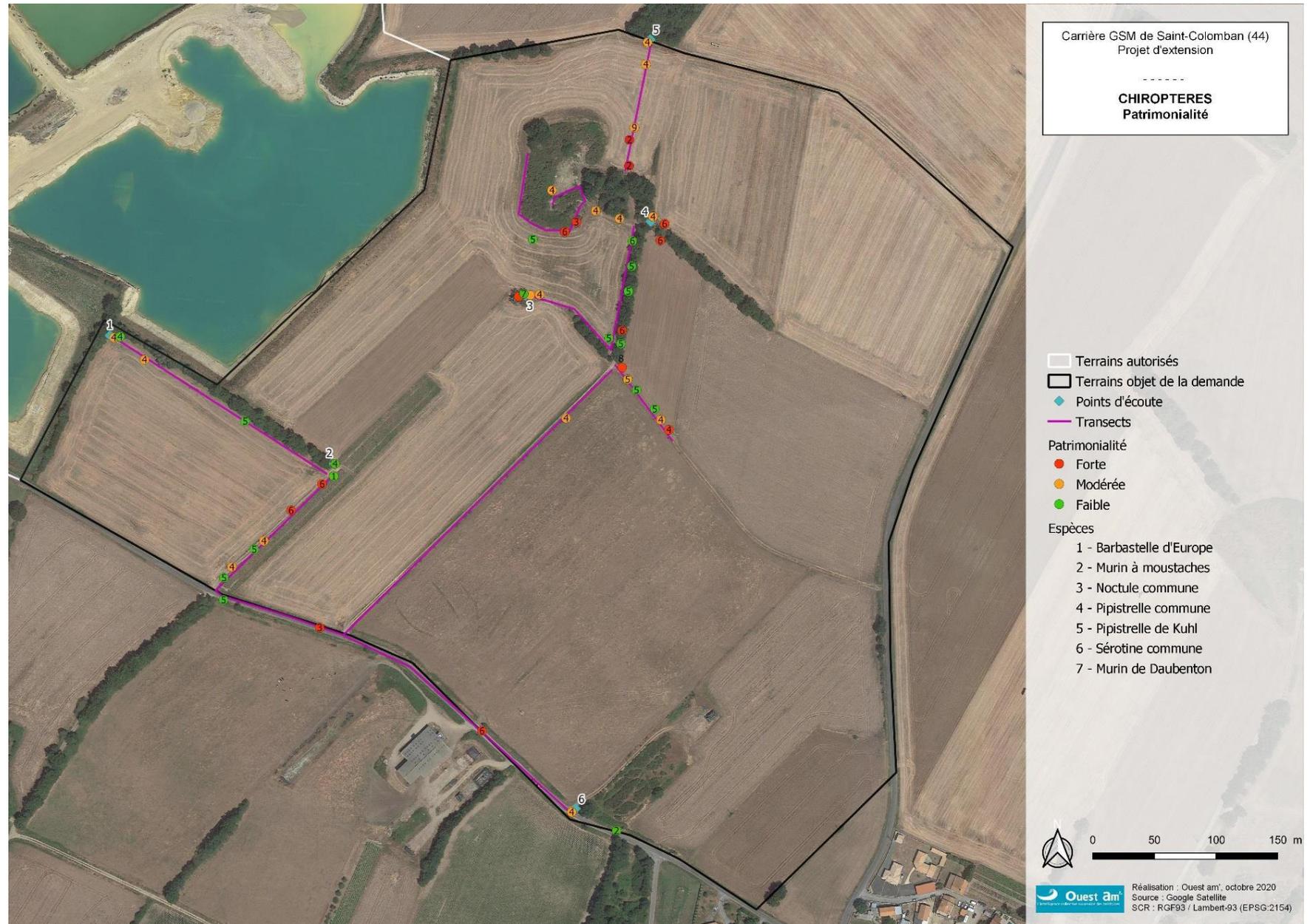


Figure 24 : carte des chiroptères – extension

Lors des deux soirées d'écoute, l'activité globale est moyenne à forte sur le site. Les conditions météorologiques étaient parfaites pour la détection des chauves-souris avec un temps, une absence de vent et des températures élevées. Toutefois, le passage du mois d'août n'a pas permis d'obtenir un nombre de contacts aussi élevé que celui du mois de juin, et plus particulièrement concernant la Sérotine commune.

Les habitats les plus favorables sont situés au centre de l'aire d'étude, au niveau des boisements et des haies, ainsi que des cultures attenantes.

Les cultures étaient nettement utilisées comme zone de chasse au mois de juin me ne l'étaient pas au mois d'août. Entre ces deux passages, le champ a été moissonné, ce qui peut expliquer une plus faible activité de chasse, l'activité dans ces secteurs correspondant alors plutôt à des déplacements. Les cultures ne peuvent pas être considérées comme des zones à enjeux pour les chauves-souris, du fait qu'elles constituent une zone de chasse temporaire.

Aucun gîte, zone de reproduction ou de repos préférentielle n'a été recensée sur l'aire d'étude. Peu d'arbres présentent des cavités. Il est possible que le plan d'eau soit utilisé comme zone de rassemblement en période d'accouplement.

4.2.2 RENOUELEMENT

Tableau 24 : liste des chiroptères contactés sur l'ensemble de l'aire d'étude - renouvellement

Nom latin	Nom vernaculaire	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Pays de la Loire (2020)	Directive HFF Annexe II	Protection nationale
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	LC	LC	X	Art. 2
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	LC	NT		Art. 2
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VU	VU		Art. 2
Noctule de Leisler	<i>Noctula leisleri</i>	NT	NT		Art. 2
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	NT	NT		Art. 2
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC		Art. 2
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	NT	VU		Art. 2
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	NT	VU		Art. 2

1^{er} juin 2021, renouvellement

Au cours du premier passage ont été enregistrés 297 contacts de chauves-souris pour 80 min d'enregistrement sur l'ensemble des quatre points d'écoute et des transects réalisés,

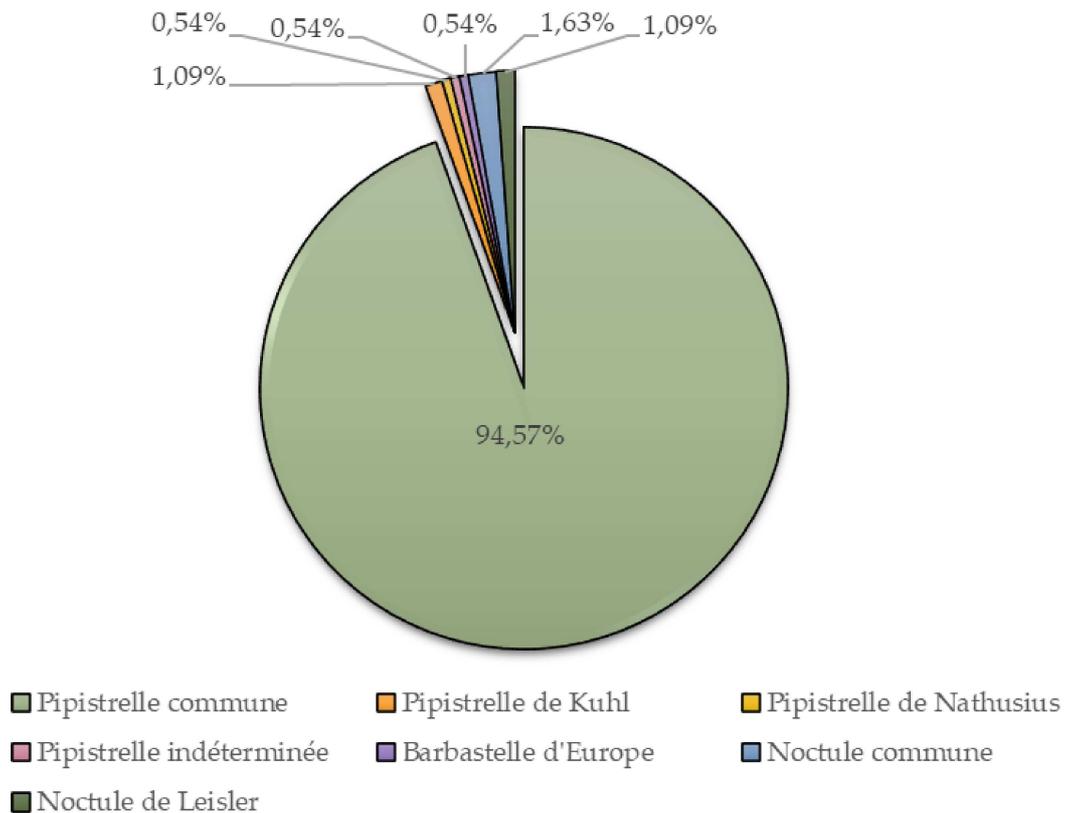
Deux Audiomoths sur les quatre installés ont réalisés des enregistrements de mauvaise qualité, peut-être à cause de l'orage ayant affecté les micros (beaucoup de bruit de feuillage et de pluie). Les deux autres Audiomoth et les écoutes réalisées de façon active ont parfaitement fonctionné.

Les enregistrements permettent de mettre en évidence la présence de 6 espèces : la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*), la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrelle nathusii*), la Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*), la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) et la Noctule commune (*Nyctalus noctula*). En Pays de Loire, la Noctule commune et la Pipistrelle de Nathusius sont classées vulnérables (VU) et la Pipistrelle commune ainsi que la Noctule de Leisler sont quasi menacées (NT). La Barbastelle d'Europe est inscrite à l'annexe II de la directive Habitats, Faune, Flore.

Tableau 25 : nombre de contacts par heure par points d'écoute

Nom vernaculaire	Nombre de contacts par heure			
	1	2	3	4
Pipistrelle commune	261	258	NA**	3
Pipistrelle de Kuhl	0	0	6	0
Pipistrelle de Nathusius	3	0	NA**	0
Pipistrelle indéterminée	3	0	0	0
Barbastelle d'Europe	0	0	NA**	3
Noctule commune	0	0	6	3
Noctule de Leisler	0	0	3	3

* Espèce présente mais non enregistrée – validée par transects

**Figure 25 : répartition du nombre de contacts par espèce sur l'ensemble des points**

Par ailleurs, les observations visuelles (au crépuscule) ont permis de mettre en évidence les secteurs fréquentés par les chauves-souris ainsi que quelques zones de chasse et de transit actif.

Globalement, l'activité est plus importante au centre de la carrière, au niveau de la haie centrale et proche des habitations. Cette haie qui traverse le site, avec de part et d'autre les bassins, est un corridor clef pour les chauves-souris. Elle relie les habitations au boisement situé au nord-est du site qui sont tous deux des secteurs de gîtes potentiels et des zones de chasse. Plusieurs Pipistrelles communes (PIPPIP), de Kuhl (PIPKUH) et quelques Noctules communes (NYCNOC) ont été contactées, en chasse et en transit, à cet endroit.

D'autre part, la partie Est de la carrière est également relié au boisement. En début de nuit (22h), une dizaine de Pipistrelles communes sont observées en transit au-dessus de la végétation. Quelques-unes traversent le bassin dès 21h57 en direction de l'ouest. Vers 22h30, une noctule (NYCSP) est observée à ce même endroit sans que l'EMT puisse déterminer précisément l'espèce (altitude probablement trop élevée).

Les transects ont aussi permis d'identifier une activité soutenue au niveau de la haie près de l'accueil de la sablière (proche du point d'écoute n°4). À cet endroit, les individus chassent activement le long des haies et au-dessus des prairies. Trois Barbastelles d'Europe ont été contactées le long de ces haies avec l'EMT.

Aucun individu n'a été contacté au centre de la carrière entre les grands bassins et sur le chemin entre l'accueil et le site d'exploitation. Peu de chauves-souris traversent les secteurs dépourvus de haies.

Malgré des observations intéressantes au niveau de plusieurs haies, les contacts ne sont pas nombreux en cette saison. Cela s'explique également par une météo peu favorable avec des températures très basses en avril puis par un mois de mai très humide. La richesse spécifique est faible mais pas inintéressante ; cinq espèces sur six sont considérées comme patrimoniales pour le département.

La diversité et le niveau de fréquentation sont relativement hétérogènes entre les points d'écoute situés en zone attractive pour les chauves-souris.

Les niveaux d'activités sont évalués comme très forts sur les points n°1 et n°2 avec respectivement 267 c/h et 258 c/h. Le niveau est considéré comme faible sur les points n°3 et n°4, ne dépassant pas les 15 c/h. Le vent et l'orage qui se sont levés en début de nuit a produit beaucoup de bruissements sur les Audiomoths n°3 et n°4, diminuant ainsi cet indice.

L'espèce qui influence largement ce niveau d'activité est la Pipistrelle commune. En effet, cette espèce est très commune en France et en Loire-Atlantique. La présence d'un gîte, en général situé dans le bâti, est envisageable à proximité de la carrière. L'espèce utilise les habitats attractifs comme les lisières des haies et les fourrés pour chasser. La haie centrale et la zone à l'ouest apparaissent un peu plus attractives que les zones nues (sables et graviers). **Les bassins sont utilisés pour l'abreuvement et ne sont que très rarement traversés par les chauves-souris qui préfèrent le réseau de haie comme routes de vol.** L'autre espèce commune est la Pipistrelle de Kuhl. Exploitant les mêmes lisières que la Pipistrelle commune comme zone de chasse, l'espèce affiche cependant, durant les relevés, un niveau de présence plutôt faible avec 6 c/h.

Une autre espèce apparaît dès crépuscule : la Noctule commune. Ce comportement témoigne d'une zone de gîte à proximité mais cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée.

Les autres espèces : La Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Barbastelle d'Europe ajoutent à la diversité du peuplement chiroptérologique. Cependant leur niveau de présence est plus anecdotique dans les relevés mais cela est à mettre en relation avec la pression d'observation (1 seul passage). En conclusion, les lisières des haies, des fourrés et du plan d'eau sont exploitées comme ressource alimentaire par la Pipistrelle commune et dans une moindre mesure par la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius. Les noctules s'y attardent un peu au crépuscule, de même que la Barbastelle d'Europe qui a été contactée plus tardivement.

2 septembre 2021, renouvellement

Au cours du second passage, 130 contacts de chauves-souris pour 80 min d'enregistrement ont été enregistrés sur l'ensemble des quatre points d'écoute et des transects réalisés.

Les enregistrements permettent de mettre en évidence la présence de 8 espèces : la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhli*), la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrelle nathusii*), la Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*), la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*), la Noctule commune (*Nyctalus noctula*), la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) et le Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*). En Pays de Loire, la Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune sont classées vulnérables (VU) et la Pipistrelle commune, la Noctule de Leisler ainsi que le Murin de Daubenton sont quasi menacées (NT). La Barbastelle d'Europe est inscrite à l'annexe II de la directive Habitats, Faune, Flore.

Tableau 26 : nombre de contacts par heure par points d'écoute

Nom vernaculaire	Nombre de contacts par heure			
	1	2	3	4
Pipistrelle commune	57	57	87	27
Pipistrelle de Kuhl	36	6	57	9
Pipistrelle de Nathusius	0	0	3	0
Barbastelle d'Europe	0	0	NA*	0
Noctule commune	0	9	12	0
Noctule de Leisler	3	0	18	0
Sérotine commune	0	6	0	0
Murin de Daubenton	0	0	3	0

* Espèce présente mais non enregistrée au niveau précis du point d'écoute – contactée sur le transect

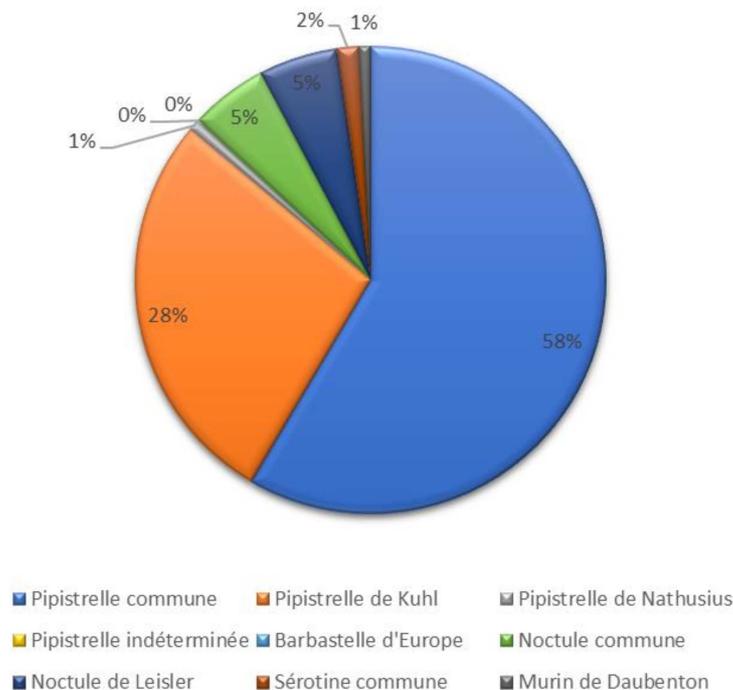


Figure 26 : répartition du nombre de contacts par espèce sur l'ensemble des points

Le boisement situé au nord-est représente un secteur de gîtes potentiels et de zone de chasse. Les transects ont permis d'observer que l'activité était principalement concentrée sur la partie Est de la carrière, qui est reliée au boisement.

Les transects ont également permis d'identifier la présence d'activité au niveau de la haie près de l'accueil de la sablière, sur le chemin entre l'accueil et le site d'exploitation, au-dessus de la zone nue proche de l'accueil ainsi qu'au niveau des haies localisées au centre de l'aire d'étude et proche des habitations.

Les contacts ne sont globalement pas nombreux en cette saison. Au vu de la superficie du site, la richesse spécifique est modérée, avec huit espèces recensées, dont six sont inscrites sur liste rouge régionale ou nationale.

La diversité spécifique et le niveau de fréquentation sont hétérogènes entre les points d'écoute. Certaines zones sont beaucoup plus attractives que d'autres. Le niveau d'activité est évalué comme fort sur le point n°3 avec 180 c/h. Il est considéré comme modéré sur les points n°1 et n°2, avec respectivement 96 c/h et 78 c/h. Enfin le point n°4 détient une activité faible avec 36 c/h.

L'espèce qui influence largement ce niveau d'activité est la Pipistrelle commune. En effet, cette espèce est très commune en France et en Loire-Atlantique. La présence d'un gîte, en général situé dans le bâti, est envisageable à proximité de la carrière. L'espèce utilise les habitats attractifs comme les lisières des haies et les fourrés pour chasser. La haie centrale et la zone à l'ouest apparaissent un plus attractives que les zones nues (sables et graviers). **Les bassins sont utilisés pour l'abreuvement et ne sont que très rarement traversés par les chauves-souris qui préfèrent le réseau de haies.** La Pipistrelle de Kuhl est la deuxième espèce la plus contactée. Elle exploite les mêmes lisières que la Pipistrelle commune comme zones de chasse.

Deux autres espèces apparaissent dès le crépuscule : la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Ces comportements témoignent probablement de de gîtes à proximité.

Les autres espèces (Pipistrelle de Nathusius, Barbastelle d'Europe, Sérotine commune et le Murin de Daubenton) sont présentes de façon plus anecdotique dans les relevés mais, l'analyse d'enregistrements ponctuels permet de déterminer les présences et absences plus qu'une quantification précise de l'activité.

5 MAMMIFERES, REPTILES, AMPHIBIENS ET INSECTES

5.1 METHODE

Au total, six journées de prospections ont été consacrées à l’observation des mammifères, des amphibiens, reptiles et des insectes sur la zone du projet d’extension. Une nuit d’écoute – le 13 mai 2020 – a spécifiquement été consacrées à l’inventaire des amphibiens.

Tableau 27 : dates des inventaires des mammifères, des reptiles, des amphibiens et des insectes - extension

Date	Groupe inventorié	Conditions météorologiques	Intervenant
26 février 2020	Grand Capricorne	Éclaircies, pluie, 4 °C à 11 °C	Pascal Bellion
7 avril 2020	Mammifères, reptiles, amphibiens, insectes	Nuageux, 12 °C à 20 °C	Willy Maillard
13 mai 2020 (dont nocturne)	Mammifères, amphibiens, reptiles, insectes	Éclaircies, 8 °C à 17 °C	Vincent Voeltzel
3 juin 2020	Mammifères, insectes, amphibiens	Éclaircies, 14 °C à 25 °C	Marc Bellion
20 août 2020	Mammifères, insectes	Quelques nuages, 18 °C à 27 °C	Willy Maillard
7 septembre 2020	Mammifères, insectes, amphibiens	Ensoleillé, 9 °C à 24 °C	Marc Bellion

Au total, huit journées de prospections ont été consacrées à l’observation des mammifères, des amphibiens, reptiles et des insectes sur la zone du projet de renouvellement. Une nuit d’écoute – le 23 avril 2021 – a spécifiquement été consacrée à l’inventaire des amphibiens.

Tableau 28 : dates des inventaires des mammifères, des reptiles, des amphibiens et des insectes - renouvellement

Date	Groupe inventorié	Conditions météorologiques	Intervenant
23 mars 2021	Mammifères, insectes, reptiles	Ensoleillé, 6 °C à 12 °C	Thomas Perronno
23 avril 2021, diurne	Mammifères, insectes, amphibiens, reptiles	Ensoleillé, max 23,5 °C	Vincent Voeltzel
23 avril 2021, nocturne	Amphibiens (chants)	Dégagé, pas de vent, 14 °C	Vincent Voeltzel
5 mai 2021	Mammifères, insectes, reptiles	Ensoleillé, 10 °C à 14 °C	Thomas Perronno
22 juin 2021	Mammifères, insectes, reptiles	Nuageux, 15 °C à 17 °C	Thomas Perronno
1 ^{er} juin 2021	Grand Capricorne	Nuageux, 16 °C à 22 °C	Chloé Tanton
1 ^{er} juin 2021	Mammifères, insectes, amphibiens, reptiles	Nuageux, vent faible, 22 °C	Vincent Voeltzel
2 septembre 2021	Mammifères, insectes, amphibiens, reptiles	Ensoleillé, max 28 °C	Vincent Voeltzel

5.1.1 MAMMIFERES TERRESTRES

L’inventaire des mammifères terrestres a été réalisé à partir des contacts visuels et sonores directs et de la recherche de tous les indices de présence (empreintes, déjection, reliefs) Les milieux de l’aire d’étude ne sont pas favorables à la présence d’espèces protégées (Campagnol amphibie, Castor d’Europe, Crossope aquatique ou Loutre d’Europe).

5.1.2 AMPHIBIENS

Les amphibiens ont été recherchés sur l’ensemble de l’aire d’étude. Au niveau de l’extension, une attention particulière a été apportée à l’inventaire de la dépression, seul milieu de reproduction possible (tous les amphibiens de l’ouest de la France connaissent une phase larvaire aquatique). Les inventaires ont été menés au troubleau de jour (recherche des adultes et des larves) et à partir de l’écoute des champs et à la lampe frontale de nuit. Par ailleurs, l’ensemble des flaques a été inspecté à chaque passage, afin de détecter d’éventuelles pontes ou têtards de Crapaud calamite.

5.1.3 REPTILES

Les reptiles sont globalement des animaux discrets ; afin de maximiser les probabilités de contact, en plus des recherches directes à vue, six plaques de thermorégulation ont été disposées sur la zone du projet d'extension et quatre plaques ont été disposées sur le secteur en demande de renouvellement.



Figure 27 : localisation des plaques de thermorégulation

5.1.4 INSECTES

Les insectes ont été inventoriés d'avril à septembre 2020 et 2021. Ainsi, les insectes des quatre groupes les plus communément étudiés – odonates, orthoptères, rhopalocères et insectes saproxyliques – ont été recensés. Une attention particulière a été apportée à l'inventaire du Grand Capricorne, étant donné qu'il constitue, parmi les insectes, l'espèce protégée la plus susceptible d'être présente. Enfin, le Sphinx de l'Épilobe (*Proserpinus proserpina*), la principale espèce d'hétérocère protégée susceptible d'être présente, a également été recherché.

5.2 RESULTATS

Rappelons que la société HMF Granulats a fourni à Ouest Am', avant le but des inventaires, l'intégralité des résultats des inventaires 2017, 2018 et 2019 réalisés par le CPIE (voir 1.4.4 Données du CPIE Loire-Anjou, page 12). Ces inventaires nous ont permis d'orienter nos prospections en recherchant spécifiquement les espèces protégées ou menacées mentionnées dans ces rapports.

5.2.1 MAMMIFERES TERRESTRES

Les mammifères les plus communs de la région ont été inventoriés sur l'aire d'étude. Aucun n'est protégé mais le Lapin de garenne est menacé aux échelles française et régionale. L'espèce est très présente dans le secteur du projet d'extension au niveau de la dépression et de ses abords.

Une blaireautière est présente en limite de boisement à l'extérieur du projet d'extension, au nord.

Sur le secteur concerné par la demande de renouvellement le Lièvre d'Europe est très présent.

Les mêmes espèces ont été contactées sur les deux aires d'étude (extension et renouvellement), à l'exception de la taupe d'Europe, qui n'a pas été contactée sur la zone en demande de renouvellement.

Tableau 29 : mammifères terrestres inventoriés sur l'aire d'étude – extension

Nom latin	Nom français	LR France (2017)	LR Pays de la Loire (2020)	Protection nationale	DH Ann. II
<i>Capreolus capreolus</i>	Chevreuil européen	LC	LC	-	-
<i>Lepus europaeus</i>	Lièvre d'Europe	LC	LC	-	-
<i>Meles meles</i>	Blaireau d'Europe	LC	LC	-	-
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Lapin de garenne	NT	VU	-	-
<i>Sus scrofa</i>	Sanglier	LC	LC	-	-
<i>Talpa europaea</i>	Taupe d'Europe	LC	LC	-	-
<i>Vulpes vulpes</i>	Renard roux	LC	LC	-	-

Tableau 30 : mammifères terrestres inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement

Nom latin	Nom français	LR France (2017)	LR Pays de la Loire (2020)	Protection nationale	DH Ann. II
<i>Capreolus capreolus</i>	Chevreuil européen	LC	LC	-	-
<i>Lepus europaeus</i>	Lièvre d'Europe	LC	LC	-	-
<i>Meles meles</i>	Blaireau d'Europe	LC	LC	-	-
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Lapin de garenne	NT	VU	-	-
<i>Sus scrofa</i>	Sanglier	LC	LC	-	-
<i>Vulpes vulpes</i>	Renard roux	LC	LC	-	-

5.2.2 AMPHIBIENS

Les amphibiens utilisent différents types d'habitats au cours de leur cycle de vie ; le développement des œufs et des larves se déroule, pour presque toutes les espèces de France métropolitaine, en milieu aquatique. Seuls l'Alyte accoucheur, présent dans la région (le mâle porte les œufs mais les larves se développent dans l'eau), la Salamandre noire (cantonnée dans un secteur de Haute-Savoie), la Salamandre de Lanza (cantonnée au Queyras) et le Spéléomante de Strinati (cantonné au gorges et grottes du sud-est de la France) échappent à cette règle. En revanche, tous les animaux adultes vivent, en dehors de la période de reproduction, en milieu terrestre (les Grenouilles vertes restent cependant très liées au milieu aquatique).

Au niveau du projet d'extension, quatre taxons d'amphibiens ont été observés, en reproduction, dans la dépression. On retiendra en particulier la présence du Triton marbré, qui est quasi-menacée en région Pays de la Loire.

Le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*), qui est connu sur la commune, n'a étonnamment (l'espèce est très mobile et le site semble très favorable) pas été inventorié sur la zone en renouvellement (ni sur la zone du projet d'extension). Le Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*) dont un individu avait pourtant été observé par le CPIE Loire-Anjou en 2017, n'a pas non plus été inventorié. Étant donné que les observations passées reposent sur l'observation d'un seul individu, il n'est pas possible de déterminer si l'activité de la carrière a eu un impact négatif sur l'espèce.

Sur la zone en demande de renouvellement, la reproduction de la Grenouille agile s'est probablement soldée en 2021 par un échec (nombreuses pontes dans une unique dépression qui s'est asséchée précocement, du fait des conditions météorologiques). La Rainette verte parvient à se reproduire dans les zones les moins profondes et les plus végétalisées des grands plans d'eau mais, globalement, la sablière présente peu d'habitats favorables aux amphibiens.

Tableau 31 : amphibiens inventoriés sur l'aire d'étude – extension

Nom latin	Nom français	LR France (2015)	LR Pays de la Loire (2020)	Protection nationale	DH Ann. II
<i>Hyla arborea</i>	Rainette verte	NT	LC	Art. 2	-
<i>Pelophylax sp.</i>	Grenouille verte indéterminée	-	-	-	-
<i>Rana dalmatina</i>	Grenouille agile	LC	LC	Art.2	-
<i>Triturus marmoratus</i>	Triton marbré	NT	NT	Art. 2	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

Art 2 : protection des individus et des habitats ; art 3 : protection des individus

Tableau 32 : amphibiens inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement

Nom latin	Nom français	LR France (2015)	LR Pays de la Loire (2009)	Protection nationale	DH Ann. II
<i>Hyla arborea</i>	Rainette verte	NT	LC	Art. 2	-
<i>Pelophylax ridibundus</i>	Grenouille rieuse	LC	NA	Art. 3	-
<i>Rana dalmatina</i>	Grenouille agile	LC	LC	Art.2	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

Art 2 : protection des individus et des habitats ; art 3 : protection des individus

5.2.3 REPTILES

Trois espèces de reptiles ont été recensées sur la zone d’extension. Il s’agit de la Couleuvre d’Esculape (*Zamenis longissimus*), du Lézard à deux raies (*Lacerta bilineata*), du Lézard des murailles (*Podarcis muralis*), trois espèces considérées non menacées en Pays de la Loire.

La Couleuvre d’Esculape mérite une attention particulière car l’espèce est menacée dans les régions limitrophes (vulnérable en Bretagne, quasi-menacée en Poitou-Charentes, quasi-menacée en Centre-Val de Loire, vulnérable en Basse-Normandie). Trois individus ont été observés sous les plaques le même jour, ce qui laisse penser que la population est importante.

Tableau 33 : reptiles inventoriés sur l’aire d’étude – extension

Nom latin	Nom français	LR France (2015)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	DH Ann. II
<i>Lacerta bilineata</i>	Lézard à deux raies	LC	LC	Art. 2	-
<i>Podarcis muralis</i>	Lézard des murailles	LC	LC	Art.2	-
<i>Zamenis longissimus</i>	Couleuvre d’Esculape	LC	LC	Art.2	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d’extinction ; CR : en danger critique d’extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; Art 2 : protection des individus et des habitats ; art 3 : protection des individus

Malgré la pose de quatre plaques de thermorégulation aux endroits considéré les plus favorables, seuls le Lézard de murailles et le Lézard à deux raies, deux espèces très communes en Loire-Atlantique, ont été observés sur le secteur de la demande de renouvellement. La Vipère aspic, qui avait été observée par le CPIE Lore-Anjou, n’a pas été revue. Du fait de sa discrétion et du peu de données passées relatives à l’espèce, il n’est pas possible de déterminer si l’activité de la sablière a eu un impact négatif sur l’espèce. Des milieux favorables à l’espèce sont toujours présents sur ce secteur.

Tableau 34 : reptiles inventoriés sur l’aire d’étude – renouvellement

Nom latin	Nom français	LR France (2015)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	DH Ann. II
<i>Lacerta bilineata</i>	Lézard à deux raies	LC	LC	Art. 2	-
<i>Podarcis muralis</i>	Lézard des murailles	LC	LC	Art.2	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d’extinction ; CR : en danger critique d’extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; Art 2 : protection des individus et des habitats ; art 3 : protection des individus



Larve de Triton marbré



Couleuvres d’Esculape

Figure 28 : photographies de Triton marbré et de Couleuvres d’Esculape

5.2.4 INSECTES

Les inventaires ont porté sur les odonates, les rhopalocères, les orthoptères, les coléoptères saproxyliques. Le Sphinx de l'Épilobe (*Proserpinus proserpina*) a également été recherché et n'a pas été observé.

5.2.4.1 ODONATES

Sur le secteur de l'extension, seules quatre espèces ont été notées, ce qui constitue un chiffre faible, d'autant que l'aire d'étude comporte une zone aquatique permanente. Ces quatre espèces se reproduisent probablement sur l'aire d'étude ou au sein de la carrière. Elles sont communes en Pays de la Loire.

Tableau 35 : odonates inventoriés sur l'aire d'étude – extension

Nom latin	Nom vernaculaire	LR France (2016)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
<i>Coenagrion puella</i>	Agrion jouvencelle	LC	LC	-	-
<i>Enallagma cyathigerum</i>	Agrion porte-coupe	LC	LC	-	-
<i>Libellula depressa</i>	Libellule déprimée	LC	LC	-	-
<i>Orthetrum cancellatum</i>	Orthétrum réticulé	LC	LC	-	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

Le secteur en demande de renouvellement présente des bassins dans lesquels plusieurs espèces d'odonates sont susceptibles de se reproduire, notamment au niveau des secteurs peu profonds végétalisés. Huit espèces ont été inventoriées ; toutes sont communes en Pays de la Loire.

Tableau 36 : odonates inventoriés sur l'aire d'étude – renouvellement

Nom latin	Nom vernaculaire	LR France (2016)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
<i>Anax imperator</i>	Anax empereur	LC	LC	-	-
<i>Enallagma cyathigerum</i>	Agrion porte-coupe	LC	LC	-	-
<i>Ishnura elegans</i>	Ischnure élégante	LC	LC	-	-
<i>Ischnura pumilio</i>	Ischnure naine	LC	LC	-	-
<i>Libellula depressa</i>	Libellule déprimée	LC	LC	-	-
<i>Orthetrum cancellatum</i>	Orthétrum réticulé	LC	LC	-	-
<i>Platycnemis pennipes</i>	Agrion à larges pattes	LC	LC	-	-
<i>Sympecma fusca</i>	Leste brun	LC	LC	-	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d'extinction ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

5.2.4.2 RHOPALOCERES

Treize espèces de rhopalocères ont été inventoriées lors de nos passages sur le secteur du projet d'extension. Cette faible diversité s'explique par le fait que l'aire d'étude est essentiellement constituée de labours.

Toutes les espèces sont communes en Pays de la Loire.

Tableau 37 : rhopalocères inventoriés sur l'aire d'étude – extension

Nom latin	Nom vernaculaire	LR France (2012)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
<i>Anthocharis cardamines</i>	Aurore	LC	-	-	-
<i>Celastrina argiolus</i>	Azuré des nerpruns	LC	-	-	-
<i>Coenonympha pamphilus</i>	Procris	LC	-	-	-
<i>Colias crocea</i>	Le Souci	LC	-	-	-

Nom latin	Nom vernaculaire	LR France (2012)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
<i>Lasiommata megera</i>	Mégère / Satyre	LC	-	-	-
<i>Maniola jurtina</i>	Myrtil	LC	-	-	-
<i>Melanargia galathea</i>	Demi deuil	LC	-	-	-
<i>Nymphalis polychloros</i>	Grande Tortue	LC	-	-	-
<i>Pararge aegeria</i>	Tircis	LC	-	-	-
<i>Pieris brassicae</i>	Piéride du chou	LC	-	-	-
<i>Pieris rapae</i>	Piéride de la rave	LC	-	-	-
<i>Polygonia c-album</i>	Robert le diable	LC	-	-	-
<i>Vanessa atalanta</i>	Vulcain	LC	-	-	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d’extinction ; CR : en danger critique d’extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

Le secteur en demande de renouvellement, globalement très minéral, est peu favorable aux rhopalocères. Sept espèces ont été observées.

Tableau 38 : rhopalocères inventoriés sur l’aire d’étude – renouvellement

Nom latin	Nom vernaculaire	LR France (2012)	LR Pays de la Loire (2021)	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
<i>Cyaniris semi-argus</i>	Demi-argus	LC	-	-	-
<i>Melanargia galathea</i>	Demi deuil	LC	-	-	-
<i>Nymphalis polychloros</i>	Grande Tortue	LC	-	-	-
<i>Pararge aegeria</i>	Tircis	LC	-	-	-
<i>Pieris brassicae</i>	Piéride du chou	LC	-	-	-
<i>Pieris rapae</i>	Piéride de la rave	LC	-	-	-
<i>Vanessa atalanta</i>	Vulcain	LC	-	-	-

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d’extinction ; CR : en danger critique d’extinction ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable

5.2.4.3 ORTHOPTERES

Neuf espèces, parmi les plus communes en Pays de la Loire, ont été contactées sur le secteur de l’extension. L’absence d’espèces patrimoniales s’explique par l’absence de friches thermophiles sablonneuses ou de prairies humides.

Tableau 39 : orthoptères inventoriés sur l’aire d’étude – extension

Famille	Nom latin	Nom vernaculaire	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
Acrididae	<i>Chorthippus biguttulus</i>	Criquet mélodieux	-	-
	<i>Chorthippus brunneus</i>	Criquet duettiste	-	-
	<i>Euchorthippus declivus</i>	Criquet des bromes	-	-
	<i>Oedipoda caerulea</i>	Œdipode turquoise	-	-
	<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	Criquet des pâtures	-	-
Gryllidae	<i>Eumodicogryllus bordigalensis</i>	Grillon bordelais	-	-
	<i>Gryllus campestris</i>	Grillon champêtre	-	-
	<i>Nemobius sylvestris</i>	Grillon des bois	-	-
Tettigoniidae	<i>Roeseliana roeselii</i>	Decticelle bariolée	-	-

Peu d’orthoptères ont été inventoriés sur le secteur en demande de renouvellement. Le site est globalement, peu favorable à ce groupe.

Tableau 40 : orthoptères inventoriés sur l’aire d’étude – renouvellement

Famille	Nom latin	Nom vernaculaire	Protection nationale	Directive Habitats Annexe II
Acrididae	<i>Chorthippus biguttulus</i>	Criquet mélodieux	-	-
	<i>Chorthippus brunneus</i>	Criquet duettiste	-	-
	<i>Euchorthippus declivus</i>	Criquet des bromes	-	-
	<i>Oedipoda caeruleascens</i>	Œdipode turquoise	-	-
Gryllidae	<i>Eumodicogryllus bordigalensis</i>	Grillon bordelais	-	-
	<i>Gryllus campestris</i>	Grillon champêtre	-	-
	<i>Nemobius sylvestris</i>	Grillon des bois	-	-
Tettigoniidae	<i>Ruspolia nitidula</i>	Ruspolie à tête de cône	-	-

5.2.4.4 COLEOPTERES SAPROXYLIQUES

Au niveau des terrains concernés par le projet d’extension, le Grand Capricorne a été inventorié dans plusieurs Chênes pédonculés et dans un Châtaignier. L’espèce, qui se développe dans les troncs des arbres âgés, figure à l’annexe II de la directive Habitats-Faune-Flore. Elle est protégée à l’échelle nationale. Il n’existe pas de liste rouge régionale ou nationale pour les longicornes mais l’espèce est considérée quasi-menacée à l’échelle européenne et vulnérable à l’échelle mondiale.

En outre, elle fait partie des espèces inscrites à l’annexe de l’arrêté du 6 janvier 2020 fixant la liste des espèces animales et végétales à la protection desquelles il ne peut être dérogé qu’après avis du Conseil national de la protection de la nature.



Figure 29 : châtaignier âgé hébergeant le Grand Capricorne

Le Grand Capricorne est très présent dans la haie qui traverse le site selon un axe nord-sud, dans la partie centrale de la sablière. Les Chênes pédonculés présentent de très nombreux trous de sortie et une dizaine d'individus ont été observés le 1^{er} juin 2021, ce qui témoigne d'une importante population.

L'espèce est également présente dans une haie située dans le petit secteur bocager à l'ouest de l'aire d'étude.

5.3 BILAN MAMMIFERES, AMPHIBIENS, REPTILES ET INSECTES

Sur le secteur de l'extension la dépression, les haies et les zones de fourrés concentrent l'ensemble des espèces patrimoniales de l'aire d'étude, dont plusieurs sont protégées.

Sur les secteurs concernés par la demande de renouvellement, une haie, au niveau d'un secteur bocager non exploité au sud-ouest de l'aire d'étude, accueille du Grand Capricorne. Au centre de l'aire d'étude, La haie qui a été conservée accueille une importante population de Grand Capricorne et de très nombreux Lézards à deux raies et Lézards des murailles. En limite nord, une mare temporaire sur un secteur réaménagé en 2017 accueille le Triton palmé et la Grenouille agile en reproduction. Les bassins utilisés pour la décantation, qui présentent des berges végétalisées, accueillent une importante population de Rainette verte. Les zones en cours d'exploitation et les bassins profonds non végétalisés sont très pauvres sur le plan naturaliste.

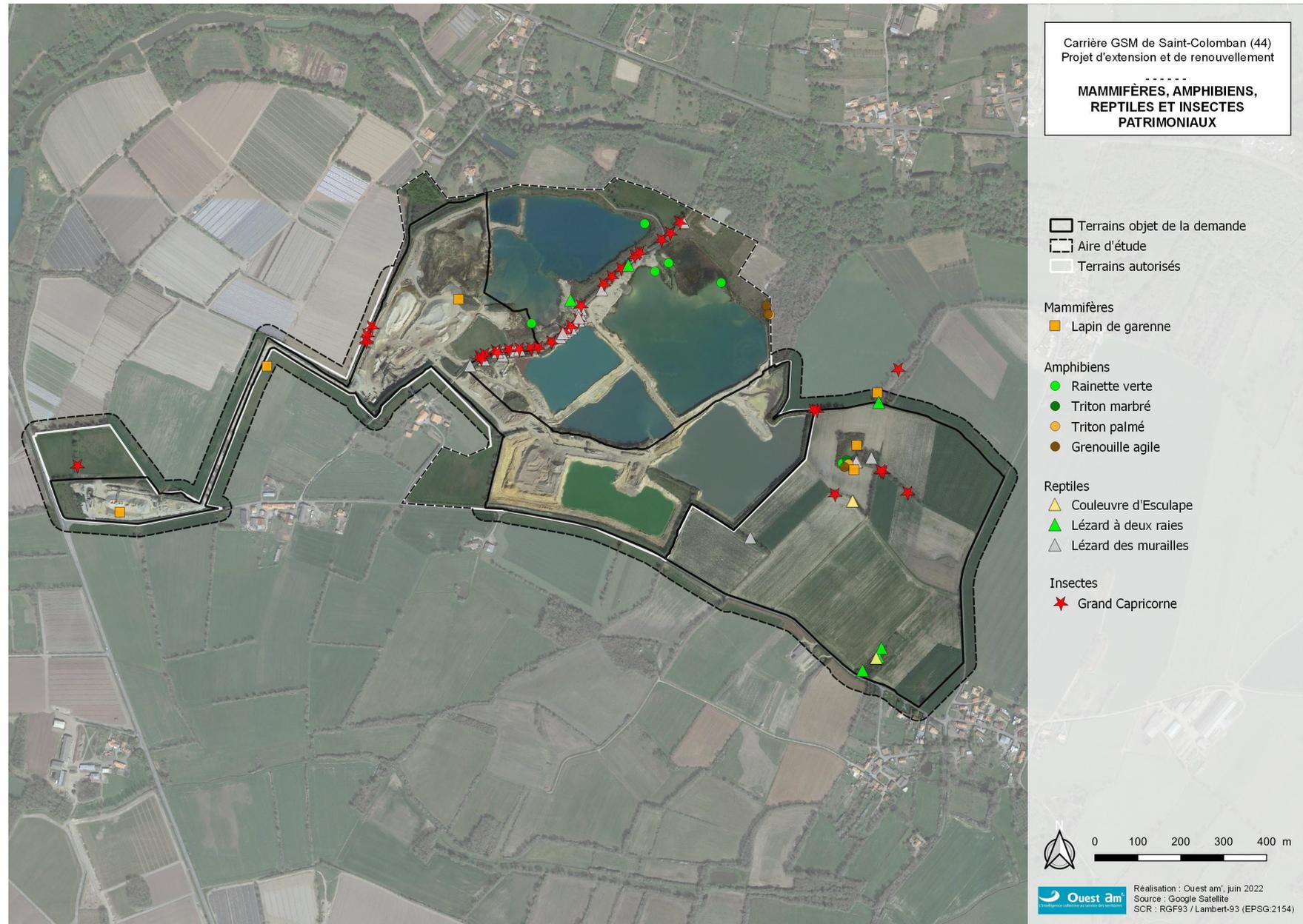


Figure 30 : localisation des amphibiens et reptiles inventoriés sur l'aire d'étude

6 SYNTHÈSE DES ENJEUX

6.1 METHODOLOGIE

Le niveau d’enjeu est défini pour analyser les impacts du projet.

Les critères utilisés sont les listes rouges nationale et régionale, le statut de protection et l’inscription de l’espèce au titre de l’annexe I de la directive Oiseaux ou de l’annexe II de la directive Habitats-Faune-Flore.

6.1.1 ZONES HUMIDES

Toutes les zones humides sont considérées comme constituant un enjeu fort.

6.1.2 FLORE

Tableau 41 : critères d’évaluation du niveau d’enjeu de la flore

Statuts flore				Note
Liste rouge France	Liste rouge PdL	Directive européenne	Protection	
LC	LC			0
NT et DD	NT et DD			1
VU, EN, CR	VU, EN, CR	Annexe II	Nat. ou Rég.	2

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d’extinction ; CR : en danger critique d’extinction ; DD : données insuffisantes

Pour chaque espèce les notes attribuées sont additionnées. Cela permet d’aboutir à une classification selon trois niveaux d’enjeux.

Tableau 42 : classes d’enjeux pour la flore

Note	Enjeu
0	Faible
1	Modéré
≥ 2	Fort

6.1.3 OISEAUX, MAMMIFERES HORS CHIROPTERES, AMPHIBIENS, REPTILES ET INSECTES

Tableau 43 : critères d’évaluation du niveau d’enjeu de la faune hors chiroptères

Statuts				Note
Liste rouge France	Liste rouge PdL	Directive européenne	Protection	
LC	LC			0
NT et DD	NT et DD	Annexe I	Oiseaux, mammifères	0,5
VU, EN, CR	VU, EN, CR			1
		Annexe II	Amphibiens, reptiles, insectes	1,5

LC : préoccupation mineure ; NT : quasiment menacé ; VU : vulnérable ; EN : en danger d’extinction ; CR : en danger critique d’extinction ; DD : données insuffisantes

Pour chaque espèce les notes attribuées sont additionnées. Cela permet d’aboutir à une classification selon trois niveaux d’enjeux.

Tableau 44 : classes d’enjeux pour la faune hors chiroptères

Note	Enjeu
0 ou 0,5	Faible
1 ou 1,5	Modéré
≥ 2	Fort

6.1.4 CHIROPTERES

Tableau 45 : niveaux de patrimonialité - chiroptères

Statut liste rouge	DD, NA, NE	LC	NT	VU, EN et CR
Note	0	0	1	2
Enjeu	Faible	Faible	Modéré	Fort

DD : Données insuffisantes, NA : Non applicable, NE : Non évalué, LC : préoccupation mineure, NT : Quasi-menacée, VU : Vulnérable, EN : En Danger, CR : En danger critique d'extinction.

Le statut le plus défavorable est retenu pour l'attribution de la note. Le niveau d'enjeu d'un habitat est ensuite pondéré, à dire d'expert, par le taux d'activité.

6.1.5 SYNTHÈSE DES ESPÈCES A ENJEU

Les espèces non mentionnées correspondent à un enjeu faible.

Tableau 46 : espèces à enjeu pour l'aire d'étude

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Note	Enjeu
Flore			
Cicendie naine	<i>Exaculum pusillum</i>	3	Fort
Jonc hétérophylle	<i>Juncus heterophyllus</i>	1	Modéré
Jonc nain	<i>Juncus pygmaeus</i>	1	Modéré
Petite Brize	<i>Briza minor</i>	1	Modéré
Chrysanthème des moissons	<i>Glebionis segetum</i>	1	Modéré
Oiseaux			
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	1	Modéré
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	1	Modéré
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	2	Fort
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	1,5	Modéré
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	1	Modéré
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	2,5	Fort
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicephalus</i>	1	Modéré
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	1	Modéré
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	2	Fort
Tarier pâle	<i>Saxicola rubicola</i>	1,5	Modéré
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	1,5	Modéré
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	2	Fort
Chiroptères			
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	2	Fort
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	1	Modéré
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	2	Fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1	Modéré
Autres mammifères			
Lapin de garenne	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	1,5	Modéré
Amphibiens			
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>	1,5	Modéré
Rainette verte	<i>Hyla arborea</i>	2	Fort
Triton marbré	<i>Triturus marmoratus</i>	2,5	Fort
Reptiles			
Couleuvre d'Esculape	<i>Zamenis longissimus</i>	1,5	Modéré
Lézard à deux raies	<i>Lacerta bilineata</i>	1,5	Modéré
Lézard des murailles	<i>Podarcis muralis</i>	1,5	Modéré
Insectes			
Grand Capricorne	<i>Cerambyx cerdo</i>	3	Fort

6.2 CARTOGRAPHIE DES ENJEUX

Les résultats et analyses des campagnes de terrain effectuées par Ouest Am' permettent d'élaborer une carte des enjeux.

-  Enjeu fort
-  Enjeu modéré
-  Enjeu faible

Le niveau d'enjeu des habitats est déterminé à partir des niveaux d'enjeu des espèces présentes. Cependant, la présence de la flore messicole est liée à l'assolement de l'année. Ainsi, les champs cultivés, bien qu'ils hébergent une importante population de Chrysanthème des moissons ont été considérés de niveau d'enjeu faible. Les chiroptères ont seulement été observé en chasse. Aucun gîte de reproduction ou d'hibernation n'a été détecté sur l'aire d'étude. Ainsi, il convient de pondérer le niveau d'enjeu avec le niveau d'activité.



Figure 31 : carte de synthèse des enjeux

7 PRESENTATION DU PROJET

Le projet vise à exploiter le gisement de sable situé sous les terrains objets de la demande. La profondeur des bassins dépend de la profondeur du gisement. Les terrains sont restitués sous forme de bassins en eau ou remblayés, puis, après régalinge de la terre végétale actuellement stockée sur la zone d'exploitation, rendus à l'agriculture.

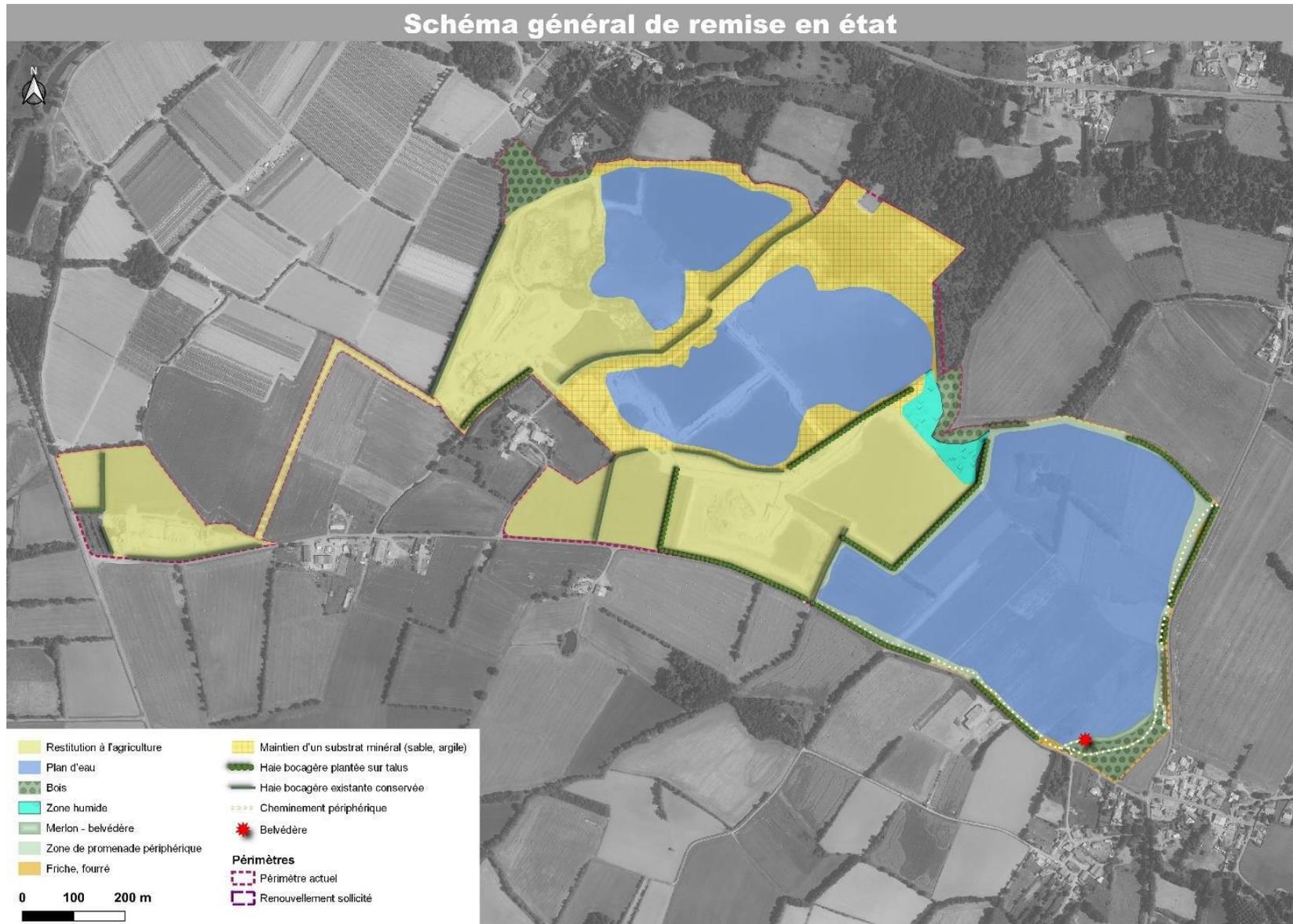


Figure 32 : schéma général de remise en état avant évitements

8 IMPACTS BRUTS DU PROJET

L'impact brut du projet correspond à l'impact en l'absence de mesure d'évitement et de réduction d'impact. Il correspond au schéma d'exploitation le plus rentable économiquement, en l'absence de prise en compte des contraintes réglementaires.

L'impact brut sur une espèce est considéré d'autant plus important qu'elle est menacée ou que la région revêt une importance particulière pour sa conservation ;

Pour un même statut sur liste rouge, l'impact brut du projet sur une espèce est considéré d'autant plus fort que l'espèce est rare ou associée à des milieux particuliers. L'appartenance d'une espèce à la liste des espèces déterminantes ZNIEFF permet ainsi de compléter l'analyse : les espèces déterminantes sont généralement associées à des milieux particuliers.

8.1 IMPACTS BRUTS DU PROJET SUR LES ZONES HUMIDES

8.1.1 EXTENSION

Le projet d'extension impacte une zone humide floristique de 700 m². Cette zone humide est dominée par les plantes amphibies sur 500 m² et par les plantes aquatiques sur 200 m². Il n'y a pas de zone humide répondant au critère pédologique de la définition réglementaire sur l'aire d'étude.

8.1.2 RENOUVELLEMENT

Les zones humides de la zone en demande de renouvellement sont transitoires. Il s'agit essentiellement des berges végétalisées des bassins anciennement exploités et qui servent actuellement de zones de décantation des produits de lavage du sable (boues argileuses) dont l'apport est assuré par des pompes. Il n'y a donc pas lieu de considérer d'impact sur les zones humides au sein de l'exploitation. Par ailleurs, les fonctions épuratoires ou de stockage de l'eau de ces zones humides sont nulles ou limitées. La principale fonction qu'elles assurent est celle de réservoir de biodiversité. Cette fonction est déjà étudiée au regard des impacts sur les espèces protégées ou menacées. La zone humide présente au nord du plan d'eau central n'est pas sollicitée en renouvellement et ne sera pas impactée par le projet.

8.2 IMPACTS BRUTS DU PROJET SUR LA FAUNE ET LA FLORE

Il n'existe pas de liste d'habitats protégés ni d'équivalent d'une liste rouge permettant d'évaluer leur niveau de menace aux échelles française ou régionale. Ainsi, les habitats sont protégés au travers des espèces protégées ou menacées qu'ils abritent éventuellement. Les habitats d'intérêt communautaire sont les habitats inscrits aux cahiers d'habitat et dont la conservation apparaît prioritaire en Europe et justifie la création de Zones de conservation spéciale. La dépression de la zone d'extension abrite un habitat d'intérêt communautaire. La sablière n'abrite aucun habitat d'intérêt communautaire.

8.2.1 EXTENSION

Le projet d'extension impacte les individus et les habitats :

- d'une espèce végétale protégée et menacée et de cinq espèces végétales menacées non protégées ;
- de neuf espèces de passereaux protégées et menacées ou à l'annexe I de la directive Oiseaux et de deux espèces menacées non protégées ;
- de quatre espèces d'amphibiens protégées dont deux menacées ;
- de trois espèces de reptiles protégées (aucune menacée) ;
- d'une espèce d'insecte protégée.

Notons que les espèces animales concernées sont protégées et éventuellement menacées car en régression, mais encore relativement communes en Pays de la Loire. Les causes de la régression de ces espèces sont essentiellement extérieures au projet et aux activités d'extraction en général ; elles sont aujourd'hui surtout à mettre en relation avec les pratiques agricoles et le développement de l'urbanisation. Ainsi, l'impact du projet sur ces espèces communes ou assez communes, indépendamment de leur niveau de menace, est, globalement, limité. L'espèce végétale protégée impactée est menacée et assez rare en Pays de la Loire ; l'impact du projet sur l'espèce est donc comparativement plus important.

Le projet impacte également le territoire de chasse de l'ensemble des chiroptères inventoriés.

Le détail des impacts potentiels bruts pour chacune des espèces est présenté dans le Tableau 47 page 87.

8.2.2 RENOUELEMENT

Les impacts du projet de renouvellement d'autorisation doivent être distingués selon :

- qu'ils concernent les terrains autorisés en cours d'exploitation ;
- qu'ils concernent les terrains autorisés non exploités au moment des inventaires.

Des espèces protégées (oiseaux essentiellement) sont présentes sur les terrains autorisés en cours d'exploitation. La présence de ces espèces peut être directement liée à l'exploitation elle-même, notamment à des stades pionniers – et temporaires – des milieux. La logique qui prévaut dans ce type de situation assez caractéristique des zones d'extraction – l'activité engendre un impact sur des espèces dont la présence est liée à l'activité – est de s'assurer que la poursuite de l'activité est compatible avec le maintien des populations **concernées à l'échelle de l'ensemble de la zone d'extraction**. Les amphibiens protégés inventoriés dans l'aire d'étude sont situés dans des terrains déjà réaménagés, en dehors des terrains objet de la demande. Le Grand Capricorne est très présent dans la haie centrale, qui ne sera pas impactée.

Tableau 47 : impacts bruts – extension

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Ann. II dir. Hab. / Ann. I dir. Ois.	Liste rouge France	Liste rouge PdL	Dét. ZNIEFF	Prot.	Impact brut			
							Type	Durée	Nb / Superficie	Classe
Zones humides										
-							Destruction	Permanent	700 m ²	Modéré. Zone humide floristique. Fonctionnalité réservoir de biodiversité essentiellement
-							Flore			
Chrysanthème des moissons	<i>Glebionis segetum</i>	-	LC	NT	-	-	Destruction de la station, espèce probablement présente en périphérie	Permanent	De l'ordre de 500 pieds, variable selon les années	Faible. L'espèce n'est pas rare. Elle est NT car en régression, du fait de l'évolution des pratiques agricoles, mais le projet a un impact faible sur les populations de l'espèce dans la région. L'espèce n'est pas protégée
Cicendie naine	<i>Exaculum pusillum</i>	-	LC	NT	x	Régionale	Destruction de la station, espèce probablement non présente en périphérie	Permanent	Une centaine de pied, répartis sur environ 500 m ²	Fort, du fait que l'espèce est rare dans la région et qu'elle est liée à des milieux originaux. Elle n'est probablement pas présente en périphérie du projet et, notamment, dans la sablière en activité
Jonc hétérophylle	<i>Juncus heterophyllus</i>	-	LC	NT	x	-	Destruction de la station, espèce probablement non présente en périphérie	Permanent	Quelques dizaines de pieds, sur 500 m ²	Modéré. L'espèce, qui n'est pas protégée, est liée à des milieux originaux. Elle n'est probablement pas présente en périphérie immédiate du projet.
Jonc nain	<i>Juncus pygmaeus</i>	-	LC	NT	x	-	Destruction de la station, espèce probablement non présente en périphérie	Permanent	Quelques dizaines de pieds, sur 500 m ²	Modéré. L'espèce, qui n'est pas protégée, est liée à des milieux originaux. Elle n'est probablement pas présente en périphérie immédiate du projet
Petite Brize	<i>Briza minor</i>	-	LC	NT	-	-	Destruction de la station, espèce probablement présente en périphérie	Permanent	Probablement plusieurs dizaines de pieds	Faible. L'espèce n'est pas rare. Elle est NT car en régression, du fait de l'évolution des pratiques agricoles, mais le projet a un impact très faible sur les populations de l'espèce dans la région.
Renoncule tripartite	<i>Ranunculus tripartitus</i>	-	LC	NT	x	-	Destruction de la station, espèce probablement non présente en périphérie	Permanent	Population dense, sur 200 m ²	Modéré. L'espèce, qui n'est pas protégée, est liée à des milieux originaux. Elle n'est probablement pas présente en périphérie immédiate du projet
-							Oiseaux nicheurs			
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	-	NT	NT	-	-	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	Seulement un chanteur, probablement non nicheuse sur l'aire d'étude	Négligeable, l'espèce est menacée mais commune et elle ne se reproduit pas sur la zone d'étude
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	Probablement un ou deux couples	Modéré, du fait que l'espèce est menacée mais commune
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	-	VU	NT	-	Hab. et ind.	L'espèce ne niche vraisemblablement pas sur la zone d'étude	Permanent	1 couple en périphérie du projet	Négligeable
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	-	VU	LC	-	Hab. et ind.	La reproduction de l'espèce sur site n'est pas prouvée (contact en automne)	Permanent	1 couple	Négligeable
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	-	NT	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple possible	Modéré, du fait que l'espèce est menacée mais commune
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	-	VU	VU	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	Probablement 4 couples	Modéré, du fait que l'espèce est menacée mais commune
Cédicnème criard	<i>Burhinus oedecnemus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple possible	Négligeable, du fait que seul un mâle chanteur a été contacté et que l'espèce n'est pas menacée
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	L'espèce ne niche probablement pas sur le secteur de l'extension et n'est pas menacée. Par ailleurs elle niche dans les sablières en exploitation	Permanent	1 couple probable	Faible, du fait que l'espèce n'est pas menacée, mais qu'elle n'est pas susceptible de se maintenir dans la sablière
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	-	NT	NT	-	Hab. et ind.	La reproduction de l'espèce sur site n'est pas prouvée (présence au niveau d'un cordon de ronces temporaire)	Permanent	1 couple probable	Négligeable
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	-	VU	NT	-	-	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	3 couples probables	Modéré, du fait que l'espèce est menacée mais commune
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	-	VU	NT	-	Hab. et ind.	L'espèce ne niche pas sur site mais plus probablement dans les jardins alentours	Permanent	Seulement des oiseaux en transit	Négligeable
Autres espèces protégées	-	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	-	Faible considérant que les espèces ne sont pas menacées, mais qu'un impact sur les nids est possible
-							Chiroptères			
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastellus barbastellus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité faible	Faible, du fait que l'espèce n'est pas menacée et que l'activité sur site semble faible
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité très faible	Faible, du fait que l'espèce n'est pas menacée et que l'activité sur site semble faible
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	-	LC	NT	x	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité très faible	Faible, du fait que l'espèce est menacée mais relativement commune et que l'activité sur site est faible
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	-	VU	VU	x	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité faible	Modéré, du fait que l'espèce est menacée, et qu'elle semble bien présente sur le site. D'autre part les écoutes sur le site en renouvellement montrent une activité dès le crépuscule, ce qui suggère la présence d'un gîte à proximité. L'espèce est susceptible de fréquenter les arbres creux et la détection des gîtes est délicate
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	-	NT	NT	x	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité modérée à forte	Faible, du fait que l'espèce est menacée mais très commune
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité modérée à forte	Faible, du fait que l'espèce n'est pas menacée et commune
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	-	NT	VU	x	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse et de gîtes potentiels	Permanent	Aucun individu tué. Activité modérée à forte	Faible, du fait que l'espèce est menacée mais commune. L'espèce semble bien présente sur le site
-							Mammifères			
Lapin de garenne	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	-	NT	VU	x	-	Destruction des terriers et zone d'alimentation	Permanent	Difficile à quantifier. L'espèce est bien présente sur le pourtour de la dépression	Modéré, du fait, d'une part, que l'espèce est menacée mais commune et, d'autre part, qu'elle semble peu présente dans la sablière en activité
-							Reptiles			
Couleuvre d'Esculape	<i>Zamenis longissimus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	3 individus observés le même jour, ce qui suggère une population importante	Modéré, du fait que l'espèce n'est pas menacée mais qu'elle est seulement assez commune, que la région revêt une importance particulière pour sa conservation à l'échelle nationale et qu'elle n'est pas susceptible de se maintenir dans la sablière en exploitation
Lézard à deux raies	<i>Lacerta bilineata</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence	Faible, du fait que l'espèce n'est pas menacée et commune
Lézard des murailles	<i>Podarcis muralis</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence	Faible, du fait que l'espèce n'est pas menacée et très commune
-							Amphibiens			
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, larves	Faible, du fait que l'espèce est commune et non menacée, mais que son maintien dans la sablière est peu probable
Grenouille rieuse	<i>Pelophylax ridibundus</i>	-	LC	NA	-	Individus	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction	Négligeable. La protection de l'espèce ne devrait pas s'appliquer à l'ouest de la France, ou elle n'est pas indigène
Rainette verte	<i>Hyla arborea</i>	-	NT	LC	x	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, deux chanteurs	Faible, du fait que l'espèce est menacée mais commune et que l'essentiel des effectifs reproducteurs se trouve dans la sablière en activité
Triton marbré	<i>Triturus marmoratus</i>	-	NT	NT	x	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, larves	Fort, car l'espèce est menacée, qu'elle est seulement assez commune dans la région, de répartition générale relativement restreinte et qu'elle n'est pas présente dans la sablière en activité. Il s'agit de l'unique station inventoriée sur l'ensemble de l'aire d'étude
Triton palmé	<i>Lissotriton helveticus</i>	-	LC	LC	-	Individus	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, larves	Faible, du fait que l'espèce est commune et non menacée, mais que son maintien dans la sablière est peu probable
-							Insectes			
Grand Capricorne	<i>Cerambyx cerdo</i>	x	-	-	-	Hab. et ind.	Destruction des arbres (Châtaignier et Chênes pédonculés âgés) hébergeant l'espèce	-	Au moins 4 arbres	Fort, du fait que l'espèce ne se maintiendra pas dans la sablière sur la zone d'extension. Destruction d'arbres âgés qui auraient pu accueillir l'espèce à court ou moyen terme

L'impact sur les espèces inventoriées non mentionnées dans le tableau est considéré négligeable, parce qu'elles sont communes et non menacées.

Tableau 48 : impacts bruts – renouvellement

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Ann. II dir. Hab. / Ann. I dir. Ois.	Liste rouge France	Liste rouge PdL	Dét. ZNIEFF	Prot.	Impact brut			
							Type	Durée	Nb / Superficie	Classe
Zones humides										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Négligeable, zones humides floristiques associées à l'activité, non inscrites dans le plan de remise en état présent dans l'arrêté préfectoral
Flore										
Chrysanthème des moissons	<i>Glebionis segetum</i>	-	LC	NT	-	-	Destruction de la station, espèce probablement présente en périphérie	Permanent	Une dizaine de pieds, variable selon les années	Négligeable. L'espèce est très peu présente (quelques pieds épars) et plus susceptible d'être présente dans les milieux réaménagés que sur le site tel qu'il était au moment des inventaires
Oiseaux nicheurs										
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	-	VU	NT	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple en périphérie du projet	Négligeable. L'espèce ne niche vraisemblablement pas sur la zone d'étude
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	-	VU	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple au nord de l'aire d'étude, en dehors des terrains objet de la demande	Négligeable. L'espèce ne niche vraisemblablement pas sur les terrains objet de la demande
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	-	NT	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple	Négligeable à positif. D'une part la haie sera préservée et d'autre part les zones agricoles prévues seront plus favorables comme à l'espèce (territoire de chasse) que les actuels bassins
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	-	NT	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 ou 2 couples possibles	Négligeable. La reproduction de l'espèce sur site n'est pas prouvée. L'espèce est susceptible de trouver des conditions propices à sa nidification sur le pourtour des bassins est, une fois qu'ils seront réaménagés.
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	-	VU	VU	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	Une dizaine de couples	Négligeable. L'espèce niche en périphérie des terrains objet de la demande
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicanus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple très probable sur les pistes à l'est	Négligeable, du fait que l'espèce n'est pas menacée. Par ailleurs elle niche dans les sablières en exploitation
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	1 couple probable en limite extérieure des terrains objet de la demande	Négligeable, l'espèce est plus vraisemblablement associée aux jardins périphériques qu'à l'exploitation
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	-	NT	NT	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	2 couples probables	Négligeable, l'espèce est présente sur un secteur non impacté
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	-	VU	NT	-	-	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	3 couples probables	Négligeable, l'espèce fréquente des secteurs non impactés
Autres espèces protégées	-	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des éventuels nids et des habitats	Permanent	-	Négligeable, considérant que les espèces ne sont pas menacées
Chiroptères										
Ensemble des espèces	-	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction d'un territoire de chasse	Permanent	Aucun individu tué. Activité faible	Négligeable, aucune haie ne sera impactée
Reptiles										
Lézard à deux raies	<i>Lacerta bilineata</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence	Négligeable, aucune haie ne sera impactée
Lézard des murailles	<i>Podarcis muralis</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence	Négligeable, aucune haie ne sera impactée
Amphibiens										
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, larves	Négligeable, l'espèce est présente en reproduction dans le coin nord-est de l'aire d'étude, en dehors des terrains objet de la demande
Grenouille rieuse	<i>Pelophylax ridibundus</i>	-	LC	NA	-	Individus	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction	Négligeable, la protection de l'espèce ne devrait pas s'appliquer à l'ouest de la France, ou elle n'est pas indigène
Rainette verte	<i>Hyla arborea</i>	-	NT	LC	x	Hab. et ind.	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, deux chanteurs	Négligeable, l'espèce est présente en reproduction en dehors des terrains objet de la demande
Triton palmé	<i>Lissotriton helveticus</i>	-	LC	LC	-	Individus	Destruction des individus et des habitats	Permanent	Présence en reproduction, larves	Négligeable, l'espèce est présente en reproduction dans le coin nord-est de l'aire d'étude, en dehors des terrains objet de la demande
Insectes										
Grand Capricorne	<i>Cerambyx cerdo</i>	x	-	-	-	Hab. et ind.	Destruction des arbres (Châtaignier et Chênes pédonculés âgés) hébergeant l'espèce	-	Un arbre dans le secteur sud-ouest, nombreux arbres évités au sein de l'exploitation	Négligeable, du fait qu'il est prévu de conserver les haies, y compris celles situées dans le secteur bocager au sud-ouest de l'aire d'étude

L'impact sur les espèces inventoriées non mentionnées dans le tableau est considéré négligeable, parce qu'elles sont communes et non menacées.

9 MESURES D'ÉVITEMENT D'IMPACT

L'impact potentiel brut (donc en l'absence de mesures d'évitement et de réduction d'impact) est, selon les espèces concernées :

- négligeable, faible, modéré ou fort sur le secteur de l'extension ;
- négligeable sur le secteur du renouvellement.

9.1 PRESENTATION DU PROJET MODIFIÉ

Le projet a été modifié afin de tenir compte de la présence des espèces protégées et des zones humides.

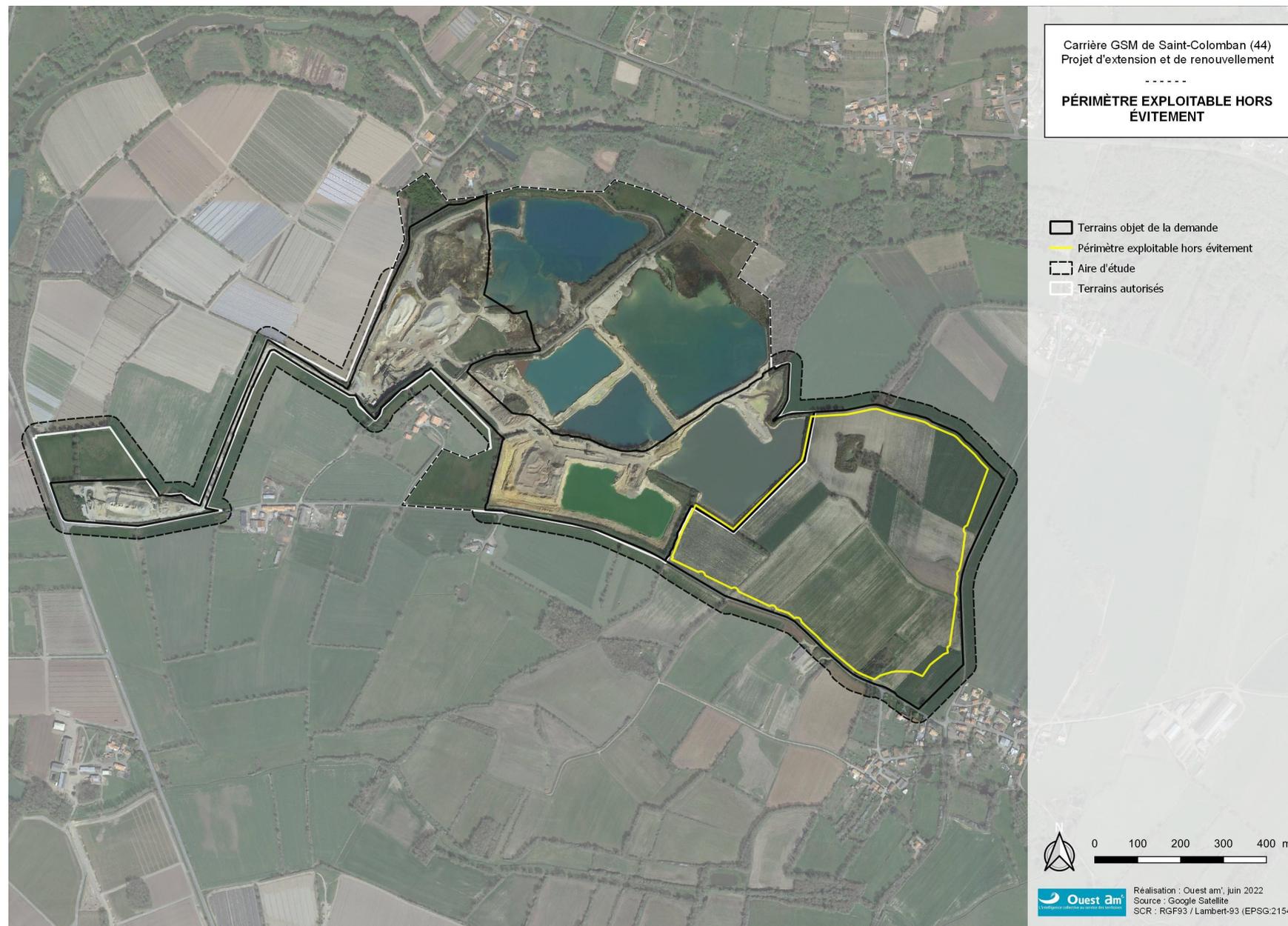


Figure 33 : périmètre d'exploitation initialement envisagé



Figure 34 : schéma général de remise en état après évitements

9.2 MESURES GENERIQUES

Les mesures génériques suivantes seront mises en œuvre :

- **limitation de l'emprise des travaux et de la circulation des engins au strict nécessaire.** On interdira ainsi tout dépôt, circulation, stationnement, utilisation d'arbres comme bornes d'amarrage des filins, hors des limites du site, afin de réduire les impacts sur les habitats, la faune et la flore, notamment dans les zones sensibles qui ont été définies. Le phasage d'exploitation présenté Figure 40 page 98 précise ces emprises. La piste des engins et des véhicules légers longera le convoyeur. Les éventuels dépôts de matériel (notamment la construction du tapis) resteront sur les zones décapées selon le plan de phasage ;
- implantation des zones de dépôt (même temporaires) hors des secteurs d'intérêt écologique. Ce point sera détaillé par le plan de gestion des déchets d'extraction ;
- **absence d'éclairage permanent** sur la zone de commercialisation, le tracé des tapis, l'installation de traitement et l'atelier afin d'éviter les perturbations sur la faune nocturne et crépusculaire.

9.3 ÉVITEMENT DES SECTEURS SENSIBLES

Malgré les mesures d'évitement d'impact génériques, l'impact sur plusieurs espèces reste non négligeable sur le secteur de l'extension. Des mesures d'évitement spatial ont été opérées.

Le projet adapté évite l'ensemble des secteurs sensibles, c'est-à-dire :

- l'intégralité des haies ;
- l'intégralité des fourrés ;
- le boisement ;
- la dépression avec la zone humide.

La Figure 38 page 96 présente l'évitement de ces secteurs sensibles.

La Figure 39 page 97 précise l'évitement réalisé au regard des données d'oiseaux nicheurs patrimoniaux.

Le plan d'exploitation modifié, avec un phasage quinquennal, est présenté Figure 40 page 98.

La Figure 41 page 104 localise les mesures d'évitement, de réduction et d'accompagnement.

9.3.1 E1 : EVITEMENT DU SECTEUR DE FRICHE ET FOURRES AU SUD-EST

Le secteur de friche et fourrés au sud-est de la zone d'extension, qui accueille notamment la Linotte mélodieuse, le Tarier pâtre, l'Alouette lulu et la Tourterelle des bois en reproduction, ainsi que la Couleuvre d'Esculape et le Léopard à deux raies, est évité.

9.3.2 E2 : EVITEMENT DE LA ZONE HUMIDE AU NORD

La dépression au nord, dont 700 m² répondent au critère floristique de la définition réglementaire des zones humides et qui accueille notamment la Cicendie naine, le Jonc nain, le Jonc hétérophylle et l'ensemble des amphibiens du secteur de l'extension, est évitée.

Cette dépression étant située sur un substrat sableux drainant, son alimentation en eau se fait essentiellement par remontée de la nappe et non par les eaux de ruissellement. Le gisement étant exploité

en eau, la mare continuera d'être alimentée par la nappe avec une variation de niveau entre l'été (basses eaux) et l'hiver (hautes eaux) mais le marnage se trouvera réduit.

Comme démontré dans l'étude hydrogéologique annexée au présent dossier de demande d'autorisation, la création d'un plan d'eau modifie les niveaux de cette nappe. Les niveaux piézométriques baissent en amont du plan d'eau et montent en aval du plan d'eau.

Les projections relatives au régime hydrologique de la dépression qui sont présentées ont été réalisées par HMF Granulats sur la base des mesures des niveaux de la nappe (réalisées par HMF Granulats depuis plus de 20 ans) et de l'étude hydrogéologique réalisée par CALLIGEE et annexée au présent dossier.

Une zone humide alimentée par la remontée de la nappe

La zone humide identifiée et évitée sur le périmètre d'extension n'est pas alimentée par les eaux de ruissellement mais par les remontées de la nappe sous-jacente en période hivernale. Du fait de la présence de cette nappe, les matériaux extraits sur la sablière sont essentiellement en eau. Le plan d'eau créé par l'activité est la nappe elle-même. L'extraction des matériaux sur la sablière n'est pas de nature à modifier le principe d'alimentation par remontée de la nappe.

Une zone humide soumise à un marnage

Les relevés des niveaux d'eau réalisés par HMF Granulats permettent de connaître les niveaux de basses eaux (20,6 m NGF) et de hautes eaux (22 m NGF) au droit de la zone humide. Ces niveaux d'eau sont reportés sur la coupe de la topographie de la zone humide, dont les cotes ont été extraites du Scan 25 de l'IGN, qui est présentée Figure 35.

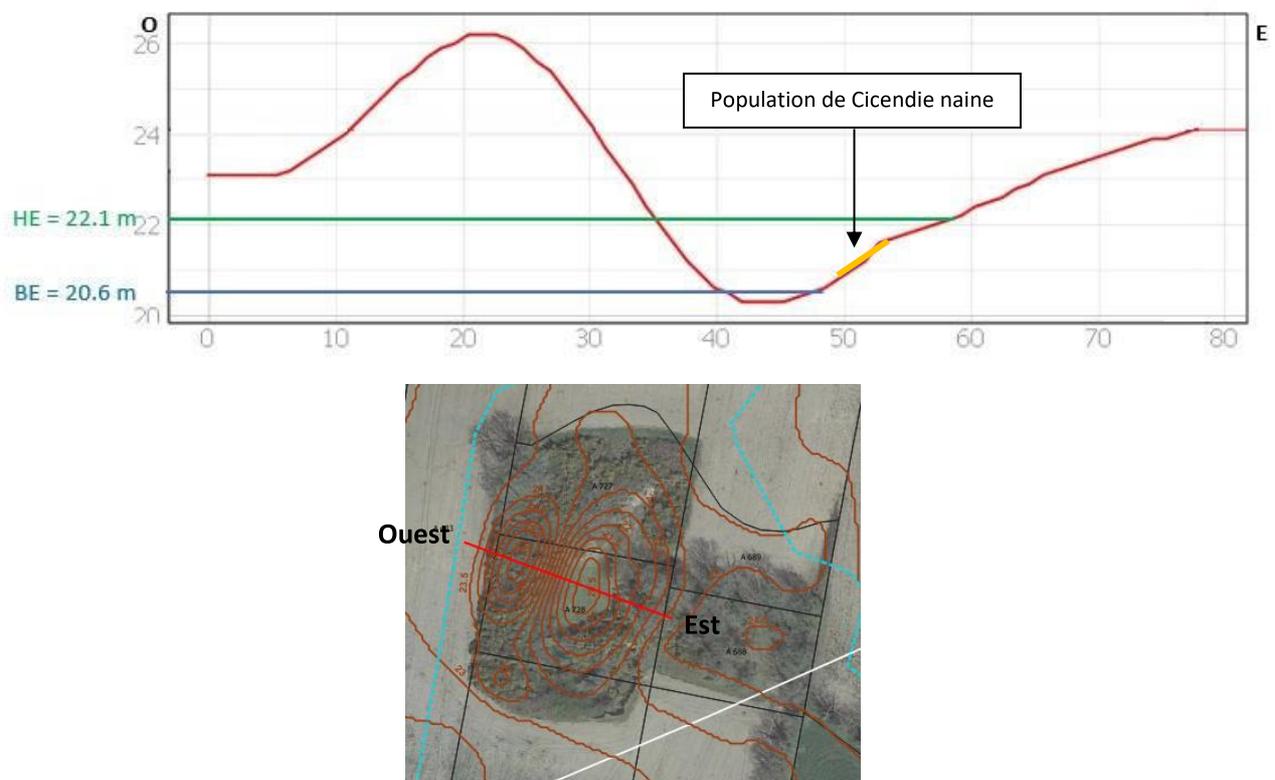


Figure 35 : positionnement actuel de la Cicendie naine par rapport aux hautes et basses eaux

Une zone humide qui sera toujours soumise à un marnage avec le projet

Les simulations réalisées dans le cadre de l'étude hydrogéologique permettent d'estimer une hausse du niveau d'eau au niveau de la zone humide d'environ 30 cm, comme présenté Figure 36.

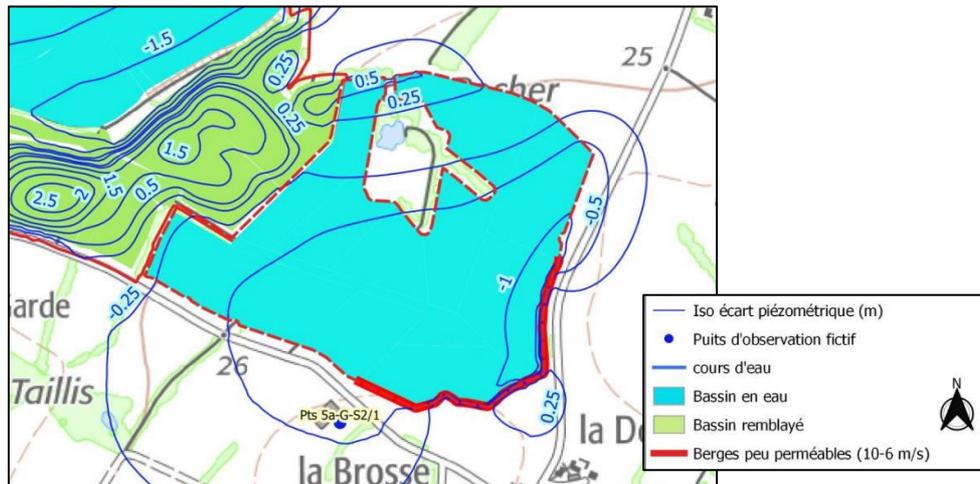


Figure 36 : écart entre la piézométrie en 2041 et la piézométrie initiale de 2003

En reportant cet écart au niveau des basses eaux mesuré en septembre 2020 (de 20,6 m NGF) nous pouvons estimer que ce niveau après exploitation et réaménagement de la sablière sera d'environ 20,9 m NGF. Le niveau des hautes eaux restera à environ 22,1m NGF qui correspond à l'altitude du point de débordement du plan d'eau de l'extension.

La Figure 37 présente la même vue en coupe de la zone humide sur laquelle sont reportés les niveaux de basses et hautes eaux estimés avec le projet (après réaménagement).

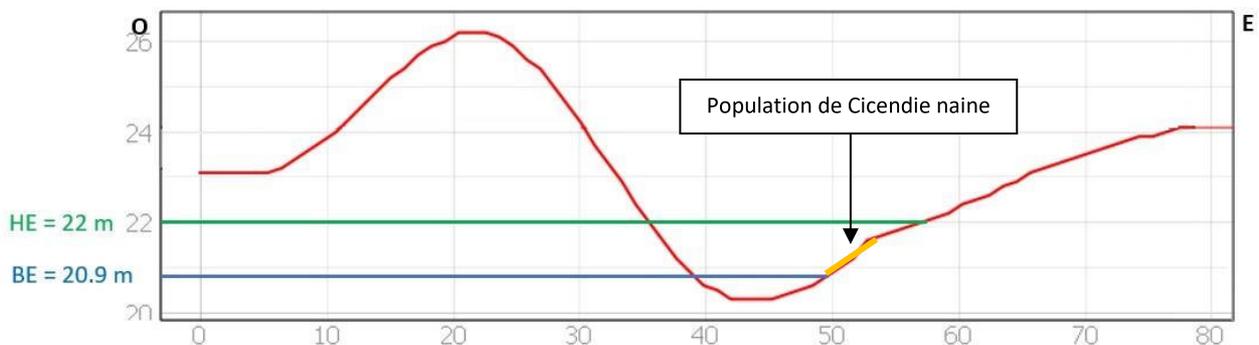


Figure 37 : positionnement futur de la Cicendie naine par rapport aux hautes et basses eaux

Le marnage actuel de 1,5 m sera diminué à 1 m avec le projet. La population de Cicendie naine devrait toujours être située dans cette tranche et donc toujours soumise aux variations saisonnières du niveau de la nappe. Dans ces conditions, l'impact du projet sur la population est négligeable.

Une zone humide moins exposée aux assecs futurs

Avec le changement climatique, nous pouvons anticiper des assecs plus fréquents et plus longs que ce qui peut être observé aujourd'hui. Réhausser légèrement le niveau des basses eaux permettra de réduire la fréquence et la durée des assecs et de maintenir un milieu favorable à la reproduction des amphibiens.

9.3.3 E3 : EVITEMENT DES HAIES, DU BOSQUET ET DES FOURRES CENTRAUX

Les haies centrales, le bosquet et les fourrés périphériques de la dépression, qui accueillent notamment le Faucon crécerelle, la Tourterelle des bois, le Pic noir et la Linotte mélodieuse en reproduction, ainsi que la Couleuvre d'Esculape, le Lapin de garenne et le Grand Capricorne, sont évités. Le front de l'extraction se situera à 15 m du tronc des arbres. Cette distance, associée aux pente des fronts, évite d'endommager les systèmes racinaires, garantissant la pérennité des haies et des bosquets évités.

La Figure 41 page 104 localise les linéaires de haie évités ou impactés.

9.3.4 E4 : EVITEMENT DES HAIES PERIPHERIQUES

Les haies périphériques, qui accueillent notamment la Tourterelle des bois, le Tarier pâtre et la Linotte mélodieuse en reproduction, ainsi que le Grand Capricorne, sont évitées.

La Figure 41 page 104 localise les linéaires de haie évités ou impactés.

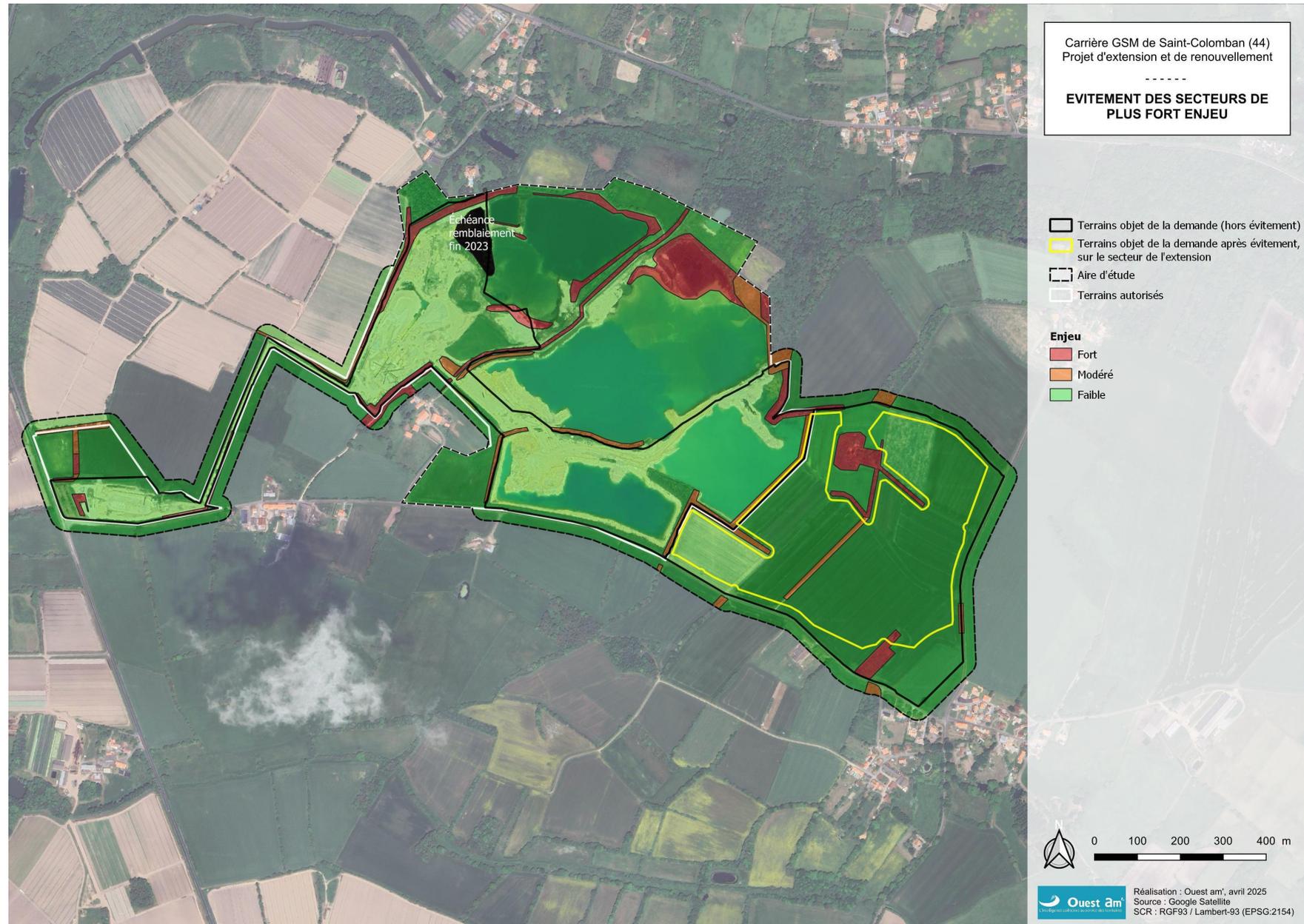


Figure 38 : évitements des secteurs sensibles



Figure 39 : évitements des oiseaux nicheurs patrimoniaux

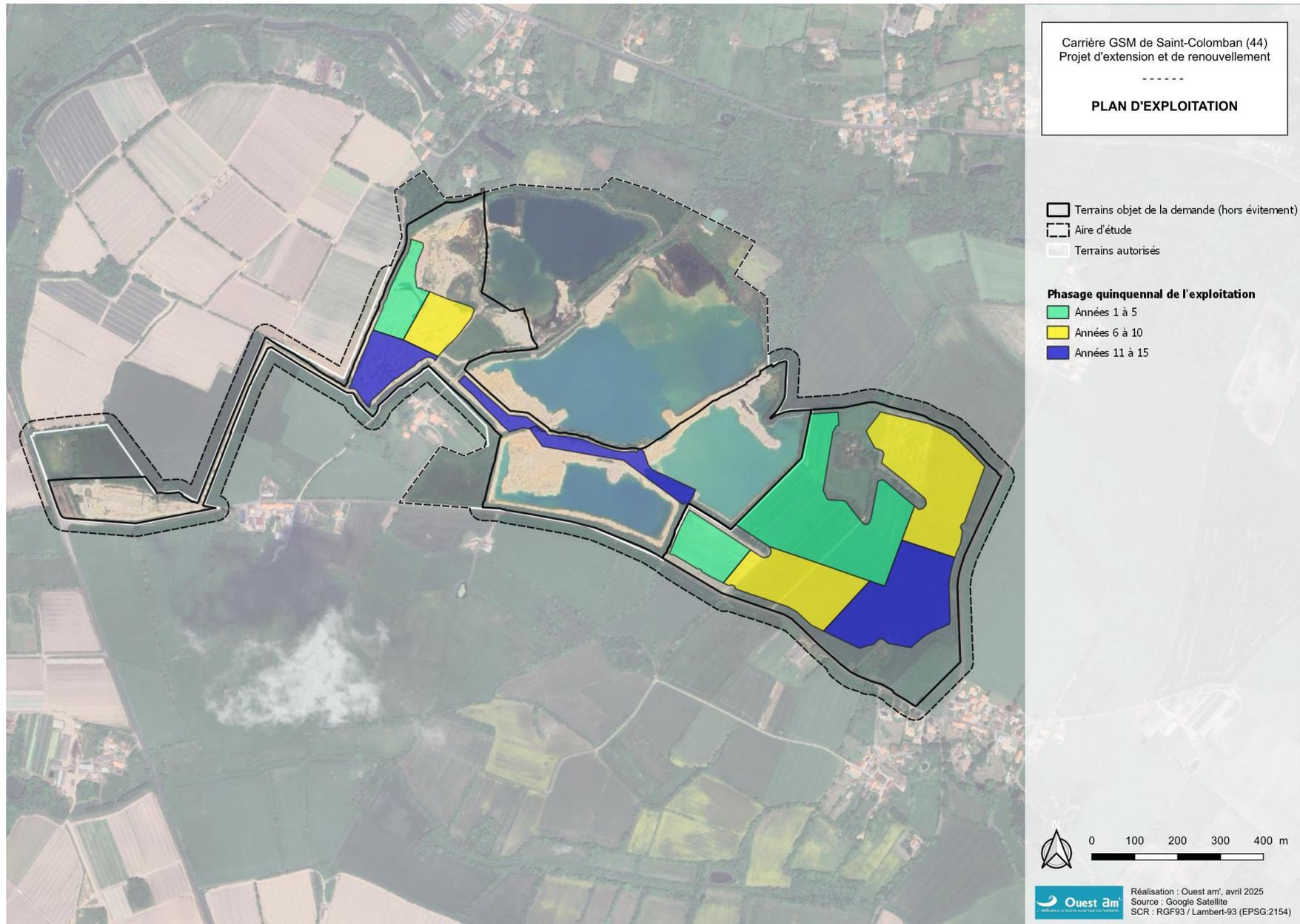


Figure 40 : plan d'exploitation

10 MESURES DE REDUCTION D'IMPACT

10.1 R1 : ADAPTATION DU PLANNING DES TRAVAUX

L'adaptation du planning des travaux pour tenir compte de la biologie des espèces constitue une mesure de réduction d'impact. La réalisation des défrichements (coupe des arbres de la haie impactée au sud-ouest du secteur de l'extension) et les décapages auront lieu de la mi-août à la mi-novembre, c'est-à-dire en dehors des périodes de reproduction des oiseaux et de la période d'hivernation des amphibiens et des reptiles.

La mesure s'applique également aux travaux de remise en état (renouvellement et extension), y compris pour les terrains non renouvelés, afin, notamment, d'éviter la destruction de nids d'Ædicnème criard.

10.2 R2 : MAINTIEN D'UNE CONNEXION ENTRE LES ESPACES EVITES ET LES ESPACES PERIPHERIQUES

Une connexion, d'environ 90 m de large à son extrémité nord, entre les espaces évités au nord de l'extension et les espaces périphérique sera maintenue afin d'éviter la fragmentation des populations d'espèces à plus faible mobilité (amphibiens, reptiles et Lapin de garenne notamment).

Parmi les espèces patrimoniales inventoriées, le Lapin de garenne, le Lézard vert, le Lézard des murailles, la Couleuvre d'Esculape et, probablement dans une moindre mesure, la Rainette verte, la Grenouille agile, le Triton palmé et le Triton marbré sont peu susceptibles de franchir les eaux froides et profondes d'un vaste plan d'eau. La connexion permettra donc le maintien des échanges avec les populations périphériques.

Une haie de 75 m de long, dominée par le Chêne pédonculé sera plantée, sur talus, dans la longueur de cette bande qui sera laissée à l'état de friche (absence de gestion) afin de favoriser le déplacement et l'alimentation de l'ensemble des espèces présentes sur les secteurs évités.

11 IMPACTS RESIDUELS

Les impacts bruts sur le secteur du renouvellement sont négligeables. Aucune mesure d'évitement ou de réduction d'impact n'est proposée sur ce secteur. Les impacts résiduels sur le secteur de l'extension, c'est-à-dire les impacts après évitement et réduction, sont présentés Tableau 49 page 101.

Tableau 49 : impacts résiduels – extension

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Ann. II dir. Hab. / Ann. I dir. Ois.	Liste rouge France	Liste rouge PdL	Dét. ZNIEFF	Prot.	Impact brut	Évitement	Réduction	Impact résiduel
Zones humides										
-							Négligeable	Évitement de la zone humide	Pas de réduction	Négligeable
Flore										
Chrysanthème des moissons	<i>Glebionis segetum</i>	-	LC	NT	-	-	Faible	Pas d'évitement	Pas de réduction	Négligeable
Cicendie naine	<i>Exaculum pusillum</i>	-	LC	NT	x	Régionale	Fort	La dépression est évitée	Pas de réduction	Négligeable
Jonc hétérophylle	<i>Juncus heterophyllus</i>	-	LC	NT	x	-	Modéré	La dépression est évitée	Pas de réduction	Négligeable
Jonc nain	<i>Juncus pygmaeus</i>	-	LC	NT	x	-	Modéré	La dépression est évitée	Pas de réduction	Négligeable
Petite Brize	<i>Briza minor</i>	-	LC	NT	-	-	Faible	Pas d'évitement	Pas de réduction	Négligeable
Renoncule tripartite	<i>Ranunculus tripartitus</i>	-	LC	NT	x	-	Modéré	La dépression est évitée	Pas de réduction	Négligeable
Oiseaux nicheurs										
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	-	NT	NT	-	-	Négligeable	Non concerné	Non concerné	Négligeable
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Modéré	Évitement des fourrés et friches périphériques au niveau du lieu-dit « la Douve », où la reproduction est probable	Adaptation du planning des travaux	Négligeable
Chardonnet élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	-	VU	NT	-	Hab. et ind.	Négligeable	Non concerné	Non concerné	Négligeable
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	-	VU	LC	-	Hab. et ind.	Négligeable	Non concerné	Non concerné	Négligeable
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	-	NT	LC	-	Hab. et ind.	Modéré	Évitement de la haie où niche l'espèce	Adaptation du planning des travaux	Négligeable. Diminution limitée d'un territoire de chasse
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	-	VU	VU	-	Hab. et ind.	Modéré	Évitement de l'ensemble des fourrés où niche l'espèce	Adaptation du planning des travaux	Négligeable. Diminution limitée d'un territoire de chasse
Édicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Négligeable	Non concerné		Négligeable
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Évitement du bosquet où niche possiblement l'espèce	Adaptation du planning des travaux	Négligeable. Le bosquet où niche possiblement l'espèce est évité
Tarier pâle	<i>Saxicola rubicola</i>	-	NT	NT	-	Hab. et ind.	Négligeable	Non concerné		Négligeable
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	-	VU	NT	-	-	Modéré	Évitement de l'essentiel des haies et fourrés où niche l'espèce	Adaptation du planning des travaux	Négligeable
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	-	VU	NT	-	Hab. et ind.	Négligeable	Non concerné	Non concerné	Négligeable
Autres espèces protégées	-	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Évitement de l'essentiel des haies et des fourrés	Adaptation du planning des travaux	Négligeable, du fait de l'absence de destruction d'individus (nids notamment) et des possibilités de report (espèces non menacées)
Chiroptères										
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastellus barbastellus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Faible	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	-	LC	NT	x	Hab. et ind.	Faible	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	-	VU	VU	x	Hab. et ind.	Modéré	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	-	NT	NT	x	Hab. et ind.	Faible	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	-	NT	VU	x	Hab. et ind.	Faible	Préservation de l'essentiel des territoires de chasse et préservation de l'ensemble des arbres-gîte potentiels	Pas de réduction	Négligeable
Mammifères										
Lapin de garenne	<i>Oryctogalus cuniculus</i>	-	NT	VU	x	-	Modéré	Évitement des terriers et des zones d'alimentation	Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Reptiles										
Couleuvre d'Esculape	<i>Zamenis longissimus</i>	x	LC	LC	x	Hab. et ind.	Modéré	Évitement de l'intégralité du linéaire de haies et des fourrés	Adaptation du planning des travaux Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Lézard à deux raies	<i>Lacerta bilineata</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Évitement de l'intégralité du linéaire de haies et des fourrés	Adaptation du planning des travaux Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Lézard des murailles	<i>Podarcis muralis</i>	x	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Évitement de l'intégralité du linéaire de haies et des fourrés	Adaptation du planning des travaux Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Amphibiens										
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>	-	LC	LC	-	Hab. et ind.	Faible	Évitement du milieu de reproduction et de l'essentiel des territoires terrestres	Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Grenouille rieuse	<i>Pelophylax ridibundus</i>	-	LC	NA	-	Individus	Négligeable	Évitement du milieu de reproduction et de l'essentiel des territoires terrestres	Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Rainette verte	<i>Hyla arborea</i>	-	NT	LC	x	Hab. et ind.	Faible	Évitement du milieu de reproduction et de l'essentiel des territoires terrestres	Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Triton marbré	<i>Triturus marmoratus</i>	-	NT	NT	x	Hab. et ind.	Fort	Évitement du milieu de reproduction et de l'essentiel des territoires terrestres	Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Triton palmé	<i>Lissotriton helveticus</i>	-	LC	LC	-	Individus	Faible	Évitement du milieu de reproduction et de l'essentiel des territoires terrestres	Maintien d'une connexion avec les espaces périphériques	Négligeable
Insectes										
Grand Capricorne	<i>Cerambyx cerdo</i>	x	-	-	-	Hab. et ind.	Fort	Évitement de l'ensemble des arbres à Grand Capricorne	Pas de réduction	Négligeable

12 MESURES D'ACCOMPAGNEMENT ET DE SUIVI

12.1 A1 : PLANTATION DE HAIES

HMF Granulats s'engage, à des fins de préservation de la biodiversité et paysagère, sur la plantation d'un linéaire d'environ 2080 m de haies, alors qu'aucune haie n'est impactée dans le cadre du projet.

Il a été convenu, en cohérence avec les enjeux écologiques et les attentes des riverains concernant la dimension paysagère, que le Chêne pédonculé constituerait l'espèce principale de la strate arborée des haies plantées au nord et à l'ouest et que le Châtaignier, de croissance plus rapide, constituerait l'espèce principale de la strate arborée des haies plantées au sud et à l'est. Le Noisetier, dont la croissance est rapide et qui produit des fruits appréciés de nombreux animaux, constituera l'espèce principale de la strate arbustive de l'ensemble des haies.

Le détail des plantations (espèces et répartition) est présenté dans l'étude paysagère. Les espèces choisies sont rappelées dans le Tableau 50.

Tableau 50 : choix des espèces pour les plantations

Essences	Haies bocagères au nord et à l'ouest	Haies bocagères au sud et à l'est	Boisement			Arbres isolés
			Lisière	Centre	Bord du chemin	
Arbres de haut-jet						
Châtaignier (<i>Castanea sativa</i>)		X	X		X	x
Chêne pédonculé (<i>Quercus robur</i>)	X	x		X		
Cormier (<i>Sorbus domestica</i>)		x	x			x
Merisier (<i>Prunus avium</i>)	x	x	x	x		
Noyer (<i>Juglans regia</i>)			X			x
Tilleul à petites feuilles (<i>Tilia cordata</i>)		x	x			x
Arbustes et arbres de 3e grandeur						
Alisier torminal (<i>Sorbus torminalis</i>)				x		
Amélanchier* (<i>Amelanchier canadensis</i>)		x				
Bourdaine (<i>Fragula dodonei</i>)			x			
Charme (<i>Carpinus betulus</i>)				x		
Cornouiller mâle (<i>Cornus mas</i>)		x				
Églantier (<i>Rosa canina</i>)	x		x			
Érable champêtre (<i>Acer campestre</i>)	x	x				
Fusain d'Europe (<i>Eonymus europeus</i>)	x	x	x			
Gattilier* (<i>Vitex agnus-castus</i>)		x				
Néflier (<i>Mespilus germanica</i>)		x	x			
Noisetier (<i>Corylus avellana</i>)	X	X	X		x	
Poiriers (<i>Pyrus cordata, P. calleryana, P. domestica</i>)			x		x	x
Pommiers (<i>Malus ssp</i>)			x			
Prunellier (<i>Prunus spinosa</i>)	x		x			
Sureau noir (<i>Sambucus nigra</i>)	x	x				

* Espèce non locale

X Essence principale x Essence d'accompagnement

12.2 S1 : SUIVI NATURALISTE

Les mesures de suivis visent à vérifier la pertinence des mesures entreprises à des fins de préservation de la biodiversité et, si nécessaire, à proposer la mise en place de mesures correctives.

Les suivis sont proposés sur 20 ans, c'est-à-dire sur la durée de l'exploitation et du réaménagement. Ils concernent l'ensemble de la sablière (renouvellement, extension et abords immédiats).

Les groupes naturalistes concernées sont :

- la flore ;
- les oiseaux ;
- les chauves-souris ;
- les mammifères hors chiroptères ;
- les amphibiens ;
- les reptiles ;
- les odonates, les rhopalocères et les orthoptères.

Un minimum de quatre passages par année d'inventaire sera réalisé.

L'inventaire sera réalisé tous les deux ans. Un rapport de suivi sera produit. Il sera transmis à l'administration à l'issue de chaque année d'inventaire.



Figure 41 : localisation des mesures d'évitement, de réduction et d'accompagnement et des impacts résiduels (carte de remise en état)

13 CONCLUSION SUR LA NECESSITE D'ELABORER UNE DEMANDE DEROGATION ESPECES PROTEGEES

Un dossier de demande de dérogation est nécessaire si les impacts résiduels ne sont pas nuls.

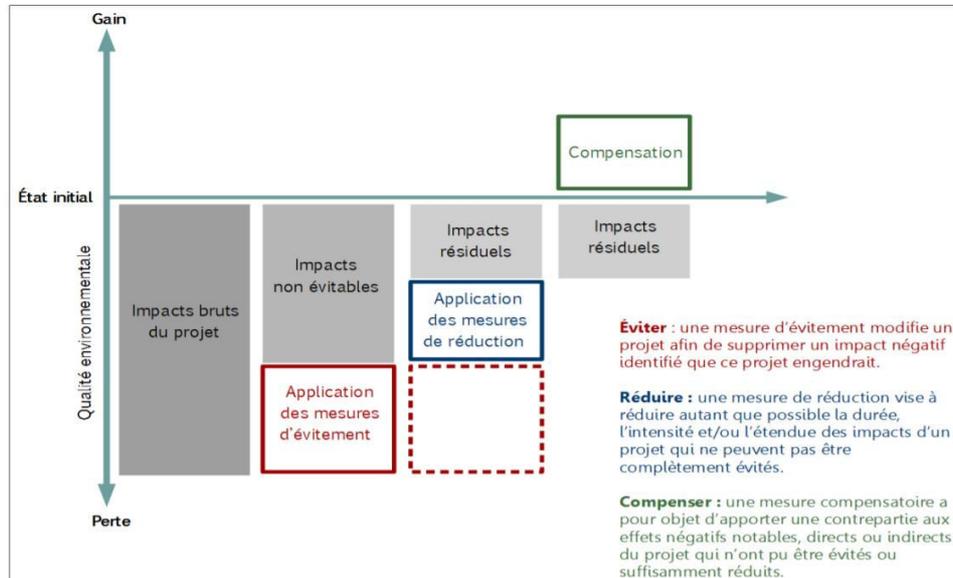


Figure 42 : principe de la séquence ERC (source : ecologie.gouv.fr)

13.1 INCIDENCE DU PROJET SUR LES ZONES HUMIDES

L'impact sur les zones humides est négligeable.

13.2 IMPACTS RESIDUELS DU PROJET SUR LES ESPECES PROTEGEES

À l'issue des mesures d'évitement, de réduction et d'accompagnement opérées, les impacts résiduels sont négligeables pour l'ensemble des espèces protégées.

14 ÉVOLUTION PREVISIBLE SANS PROJET

En l'absence de projet, les terrains concernés par l'extension devraient être maintenus en l'état ou, étant donné le contexte agricole, être convertis en terrains maraîchers exploités intensivement.

15 INCIDENCES DU PROJET AU TITRE DE NATURA 2000

15.1 SITES NATURA 2000 DANS UN RAYON DE 5 KM

Il n'y a pas de zone Natura 2000 dans un rayon de 5 km autour des terrains concernés par la demande. La première zone Natura 2000, la ZSC FR5200625 Lac de Grand-Lieu, se situe à 5,7 km du projet.

15.2 INCIDENCES POTENTIELLES DU PROJET SUR LES HABITATS ET LES ESPECES D'INTERET COMMUNAUTAIRE

Un habitat d'intérêt communautaire est présent sur l'aire d'étude. Il s'agit des communautés annuelles oligotrophiques à mésotrophiques, acidiphiles, de niveau topographique moyen, planitaires à montagnardes, des Isoeto-Juncetea, 3130-5, présentes dans un bon état de conservation au niveau de la dépression située sur le projet d'extension. Il n'y a aucun lien entre les habitats d'intérêt communautaire présents sur l'aire d'étude et ceux présents dans la ZSC la plus proche, à 5,7 km du projet.

Il n'y a pas d'espèce végétale d'intérêt communautaire sur la zone d'étude. L'incidence potentielle du projet sur les sites Natura 2000 est, pour ce qui concerne la flore et les habitats, négligeable.

Deux espèces sont inscrites à l'annexe I de la directive Oiseaux. Plusieurs mâles d'Œdicnème criard ont été entendus lors de sorties nocturnes dans la zone d'extension et dans celle de renouvellement. L'observation régulière de l'espèce sur les pistes de la partie est de la sablière suggère que l'espèce se reproduit dans ce secteur. Le Pic noir niche de façon probable dans le petit boisement situé sur le projet d'extension. L'impact résiduel du projet sur ces deux espèces est négligeable. Par conséquent, l'incidence potentielle du projet sur les sites Natura 2000 est, pour ce qui concerne ces deux espèces, négligeable.

Deux espèces inscrites à l'annexe II de la directive Habitats, faune, flore sont présentes sur l'aire d'étude. Il s'agit du Grand Capricorne, dont la population est importante, et de la Barbastelle d'Europe, qui semble assez peu présente. L'impact résiduel du projet sur ces deux espèces est négligeable. Par conséquent, l'incidence potentielle du projet sur les sites Natura 2000 est, pour ce qui concerne ces deux espèces, négligeable.

15.3 BILAN DE L'EVALUATION DES INCIDENCES

L'incidence du projet est négligeable sur les sites Natura 2000. Selon les termes de l'article R.414-21 du Code de l'Environnement, le contenu de ce volet "évaluation Natura 2000" se limitera à cet exposé, du fait que cette première analyse nous permet de conclure effectivement à l'absence d'incidence significative, directe ou indirecte, sur tout site Natura 2000.