

DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE  
DE TRAVAUX D'EXPLOITATION  
DE MINES D'HYDROCARBURES LIQUIDES OU GAZEUX

**Concession de Vert-Le-Grand**  
**Concession de La Croix-Blanche**

**MEMOIRE EXPOSANT LES TRAVAUX PREVUS**

*(Article 6 (2°) du décret n°2006-649 du 2 juin 2006)*

Avril 2015

VERMILION REP S.A.S.  
1762 Route de Pontenx  
40161 PARENTIS-EN-BORN



## SOMMAIRE

<b>I. RAPPEL : OBJET DE LA DEMANDE .....</b>	<b>5</b>
1.1. Contexte global.....	5
1.2. Présentation des travaux .....	5
<b>II. LOCALISATION DES TRAVAUX .....</b>	<b>6</b>
2.1. Emprise du champ de Vert-Le-Grand.....	6
2.2. Emprise du champ de La Croix-Blanche .....	6
2.3. Localisation des emplacements de surface .....	8
2.3.1. Plate-forme « VLG4 » .....	8
2.3.2. Plate-forme « VLG Centre ».....	8
<b>III. HISTORIQUE DES TRAVAUX REALISES SUR LE SECTEUR.....</b>	<b>9</b>
3.1. Historique des titres miniers sur le secteur .....	9
3.2. Historique des travaux de géophysique .....	9
➤ Les campagnes sismiques 2D.....	9
➤ Les campagnes sismiques 3D.....	9
3.3. Historique des travaux de forage.....	11
3.3.1. Champ de Vert-Le-Grand.....	11
3.3.2. Champ de La Croix-Blanche.....	11
3.4. La reprise des deux champs par Vermilion en 2012.....	12
3.5. Historique de la production .....	14
3.5.1. Vert-Le-Grand.....	14
3.5.2. La Croix-Blanche .....	15
<b>IV. CARACTERISTIQUES DU GISEMENT DE VERT-LE-GRAND ET LA CROIX-BLANCHE .....</b>	<b>17</b>
4.1. Contexte géologique.....	17
4.1.1. Contexte géologique du Bassin Parisien.....	17
4.1.2. Contexte géologique régional de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche .....	18
4.2. Description du piège pétrolier .....	19
4.2.1. Le réservoir du champ de Vert-Le-Grand.....	19
4.2.2. Le réservoir du champ de La Croix-Blanche .....	19
4.3. Principaux paramètres des réservoirs .....	20
4.4. Caractéristiques du fluide extrait.....	20
<b>V. DESCRIPTION DES TRAVAUX ENVISAGES.....</b>	<b>22</b>
5.1. Extension et aménagement des plates-formes existantes.....	24
5.1.1. Les aménagements existants .....	24
5.1.2. Travaux d'extension et de terrassement .....	28
5.1.3. Aménagements des plates-formes.....	29
5.2. Les opérations de forages .....	31
5.2.1. Installation – Déménagement de l'appareil de forage.....	31
5.2.2. Les travaux de forage .....	33
5.2.3. Les fluides de forages.....	38
5.2.4. L'alimentation du chantier en eau.....	38
5.3. Installations de mise en exploitation des nouveaux puits .....	39
5.3.1. Opérations de complétion .....	39
5.3.2. Systèmes de pompage .....	39
5.3.3. Installations de production .....	39
5.3.4. Raccordement aux réseaux de collectes existants.....	39
<b>VI. COUTS PREVISIONNELS DES TRAVAUX ET PLANNING PREVISIONNEL.....</b>	<b>40</b>
6.1. Coûts estimatifs .....	40
6.2. Planning prévisionnel.....	40

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES SOMMETS DE LA CONCESSION DE VERT-LE-GRAND .....	6
TABLEAU 2 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES SOMMETS DE LA CONCESSION DE LA CROIX-BLANCHE ....	6
TABLEAU 3 : BILAN DE PRODUCTION DU CHAMP DE VERT-LE-GRAND .....	14
TABLEAU 4 : BILAN DE PRODUCTION DU CHAMP DE LA CROIX-BLANCHE .....	15
TABLEAU 5 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES RESERVOIRS DE VERT-LE-GRAND ET DE LA CROIX-BLANCHE.....	20
TABLEAU 6 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU BRUT DE VERT-LE-GRAND ET LA CROIX-BLANCHE.....	21

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION DES CONCESSIONS DE VERT-LE-GRAND ET DE LA CROIX-BLANCHE ET DES INSTALLATIONS DE SURFACE ASSOCIEES .....	7
FIGURE 2 : LOCALISATION DES LIGNES SISMIQUES 2D ET 3D SUR LES CONCESSIONS DE VERT-LE-GRAND ET LA CROIX-BLANCHE .....	10
FIGURE 3 : HISTORIQUE DES TRAVAUX DE FORAGES EFFECTUES SUR LES CONCESSIONS DE VERT-LE-GRAND ET LA CROIX-BLANCHE .....	13
FIGURE 4 : HISTORIQUE DE PRODUCTION DU CHAMP DE VERT-LE-GRAND.....	14
FIGURE 5 : HISTORIQUE DE PRODUCTION DU CHAMP DE LA CROIX-BLANCHE.....	15
FIGURE 6 : CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DU BASSIN DE PARIS .....	17
FIGURE 7 : COUPE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE OUEST-EST DU BASSIN DE PARIS.....	18
FIGURE 8 : LOG SYNTHETIQUE DES FORMATIONS DU TRIAS ET DU JURASSIQUE .....	18
FIGURE 9 : PRESENTATION DES TRAVAUX PROJETES SUR LES CONCESSIONS DE VERT-LE-GRAND ET LA CROIX-BLANCHE.....	23
FIGURE 10 : PLATE-FORME VLG 4.....	25
FIGURE 11 : VUE AERIENNE DES INSTALLATIONS DE LA PLATE-FORME VLG 4 .....	25
FIGURE 12 : ENTREE DE LA PLATE-FORME VLG CENTRE.....	26
FIGURE 13 : VUE AERIENNE DES INSTALLATIONS DE LA PLATE-FORME VLG CENTRE.....	27
FIGURE 14 : EMPRISE DE L’EXTENSION DE LA PLATE-FORME VLG CENTRE .....	28
FIGURE 15 : SCHEMA DE PRINCIPE D’AMENAGEMENT DE LA PLATE-FORME .....	30
FIGURE 16 : SCHEMA D’UN APPAREIL DE FORAGE .....	32
FIGURE 17 : SCHEMA ORGANISATIONNEL DE PRINCIPE DES DIFFERENTES ZONES D’UN CHANTIER DE FORAGE	33
FIGURE 18 : PRINCIPE DE CIRCULATION DES FLUIDES D’UN FORAGE.....	34
FIGURE 19 : PRINCIPE DES DIFFERENTES PHASES D’UN FORAGE .....	35
FIGURE 20 : COUPE DE PUIS TYPE .....	37
FIGURE 21 : PROFIL DE DEVIATION TYPE .....	37

## I. RAPPEL : OBJET DE LA DEMANDE

### 1.1. Contexte global

Les concessions de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche ont été accordées initialement à la société Elf Aquitaine Production par les décrets du 7 février 1994 (cf. chapitre II). Elf Aquitaine, puis Total, ont exploité les couches réservoir de ces champs pétroliers pendant plus de 30 ans. En 2012, la société VERMILION REP a repris ces deux concessions et agit depuis comme opérateur de ces champs.

Au terme de deux années d'études géologiques approfondies, la société Vermilion souhaite désormais orienter ses travaux de développement selon deux axes :

- confirmer l'extension du gisement de La Croix-Blanche vers le Sud (Formation du Boissy) ;
- augmenter la capacité de production des gisements exploités sur les concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche (Formations du Chaunoy et du Boissy).

Ces travaux permettront de se préparer à la prolongation de validité des concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche.

### 1.2. Présentation des travaux

Dans ce contexte, la société VERMILION REP, en tant qu'opérateur, projette dans les années à venir les travaux suivants, objet du présent dossier de demande d'autorisation :

- ❶ la réalisation de **10 nouveaux forages au total** – 8 forages sur VLG 4 et 2 forages sur VLG Centre - sur la concession de Vert-Le-Grand, indifféremment producteurs ou injecteurs ;
- ❷ l'extension de la plate-forme existante VLG Centre ;
- ❸ l'aménagement des plates-formes existantes qui accueilleront les nouveaux puits.

Ce programme de développement concerne uniquement l'exploitation d'hydrocarbures dits « conventionnels ».

Ces travaux de développement pourront continuer au cours de l'éventuelle prolongation des concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche qui arrivent à échéance en 2019.

*Remarque : le nombre de forages par plate-forme est donné à titre indicatif, il sera susceptible d'évoluer en fonction des résultats obtenus au fur et à mesure de la réalisation des nouveaux puits. En effet, chaque forage apporte des informations nouvelles sur la nature des roches traversées et sur la qualité du réservoir. Ces informations permettent d'ajuster les modèles géologiques en place. Ces modèles donnent une image interprétée du sous-sol, et serviront d'aide à la décision pour implanter les nouveaux forages sur le champ.*

*Pour ces raisons, il est difficile à ce stade du projet de statuer sur le nombre de forages, leur emplacement exact par plate-forme et leur nature (producteur ou injecteur). Ces paramètres dépendront des résultats des premiers puits forés.*

Ces travaux contribueront à exploiter les gisements de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche conformément à l'article L. 161-2 du Code minier.

La description de ces travaux, objet de la présente demande, est présentée dans la pièce suivante.

## II. LOCALISATION DES TRAVAUX

Les travaux de surface projetés sont localisés sur la concession de Vert-Le-Grand.

Les travaux de forages s'effectueront depuis les emplacements de surface existants VLG 4 et VLG Centre. Certaines cibles de fond des puits, qui seront réalisés depuis la plate-forme VLG 4, pourront toutefois atteindre la concession de La Croix-Blanche.

### 2.1. Emprise du champ de Vert-Le-Grand

La concession de Vert-Le-Grand, accordée par décret ministériel du 7 février 1994 pour une superficie de 21,9 km<sup>2</sup> (cf. *Pièce jointe n°2 – « Qualité de la Demande »*), porte sur partie du territoire des communes de Bondoufle, Brétigny sur Orge, Le Plessis-Pâté, Leudeville, Marolles-en-Hurepoix, Saint-Vrain, Vert-Le-Grand, Vert-Le-Petit dans le département de l'Essonne (91).

Le périmètre de la concession est constitué par les sommets du polygone dont les coordonnées géographiques, référence méridien de Paris, sont les suivantes :

**Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sommets de la concession de Vert-Le-Grand**  
(source : décret du 7 février 1994)

SOMMETS	RGF 93		GRADES	
	LONGITUDES	LATITUDES	LONGITUDES	LATITUDES
A	2° 18' 34" E	48° 35' 59" N	0,03 gr O	54,00 gr N
B	2° 22' 21" E	48° 35' 59" N	0,04 gr E	54,00 gr N
C	2° 22' 21" E	48° 33' 50" N	0,04 gr E	53,96 gr N
D	2° 21' 16" E	48° 33' 50" N	0,02 gr E	53,96 gr N
E	2° 21' 16" E	48° 33' 18" N	0,02 gr E	53,95 gr N
F	2° 18' 34" E	48° 33' 18" N	0,03 gr O	53,95 gr N

Les limites de la concession de Vert-Le-Grand sont présentées sur l'extrait de carte IGN au 1 / 50 000, sur la Figure 1 suivante.

### 2.2. Emprise du champ de La Croix-Blanche

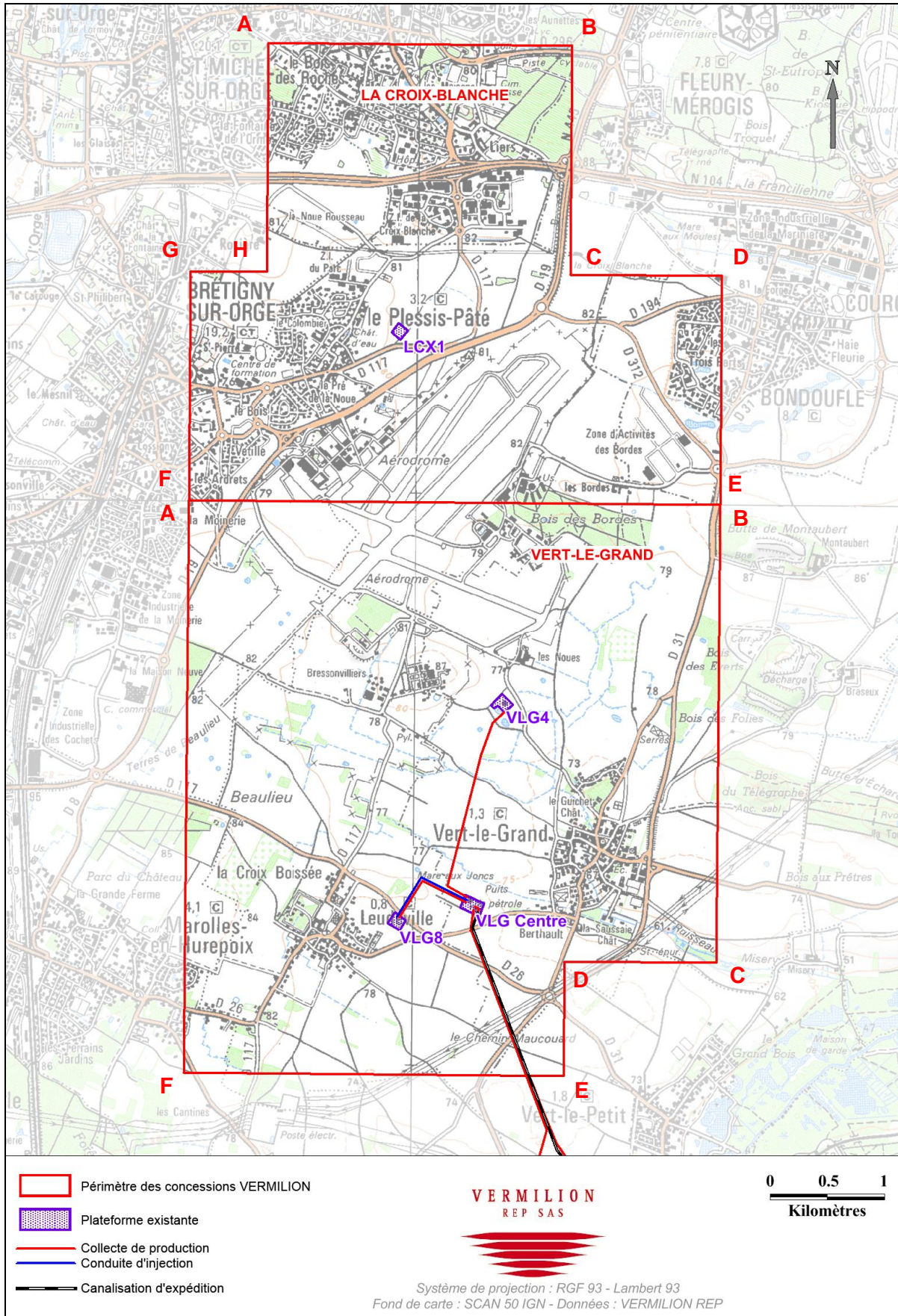
La concession de La Croix-Blanche, accordée par décret ministériel du 7 février 1994 pour une superficie de 14,6 km<sup>2</sup> (cf. *Pièce jointe n°2 – « Qualité de la Demande »*), porte sur partie du territoire des communes de Bondoufle, Brétigny sur Orge, Fleury-Mérogis, Le Plessis-Pâté, Sainte-Geneviève-des-Bois, Saint-Michel-sur-Orge, Vert-Le-Grand dans le département de l'Essonne (91).

Le périmètre de la concession est constitué par les sommets du polygone dont les coordonnées géographiques, référence méridien de Paris, sont les suivantes :

**Tableau 2 : Coordonnées géographiques des sommets de la concession de La Croix-Blanche**  
(source : décret du 7 février 1994)

SOMMETS	RGF 93		GRADES	
	LONGITUDES	LATITUDES	LONGITUDES	LATITUDES
A	2° 19' 06" E	48° 38' 09" N	0,02 gr O	54,04 gr N
B	2° 21' 16" E	48° 38' 09" N	0,02 gr E	54,04 gr N
C	2° 21' 16" E	48° 37' 04" N	0,02 gr E	54,02 gr N
D	2° 22' 21" E	48° 37' 04" N	0,04 gr E	54,02 gr N
E	2° 22' 21" E	48° 35' 59" N	0,04 gr E	54,00 gr N
F	2° 18' 34" E	48° 35' 59" N	0,03 gr O	54,00 gr N
G	2° 18' 34" E	48° 37' 04" N	0,03 gr O	54,02 gr N
H	2° 19' 06" E	48° 37' 04" N	0,02 gr O	54,02 gr N

Les limites de la concession de La Croix-Blanche sont présentées sur l'extrait de carte IGN au 1 / 50 000, sur la Figure 1 suivante.



**Figure 1 : Localisation des concessions de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche et des installations de surface associées**

## 2.3. Localisation des emplacements de surface

Les travaux de forages seront réalisés depuis les plates-formes existantes VLG 4 et VLG Centre.

### 2.3.1. Plate-forme « VLG4 »

L'emplacement VLG 4 est situé sur la commune de Vert-Le-Grand, à environ 800 m au Nord-Ouest du centre bourg. Son emprise est de 1 ha 94 a 23 ca et concerne la parcelle cadastrée n°33p, section V.

Implanté dans un contexte agricole, le site est accessible par une route communale depuis le centre bourg de Vert-Le-Grand.

La cote altimétrique du site est estimée à environ +78 m NGF.

Les coordonnées géographiques en RGF 93 (Lambert 93) du centroïde de la plate-forme sont données ci-dessous :

- Longitude : 2°20'49,4" E
- Latitude : 48°35'03,1" N

### 2.3.2. Plate-forme « VLG Centre »

L'emplacement VLG Centre est situé sur la commune de Vert-Le-Grand, à environ 500 m à l'Ouest du centre bourg. Son emprise au sol est de 2 ha 80 a 12 ca et il s'étend sur trois parcelles cadastrées de la section V : les parcelles 154p, 155p et 156p.

Il est accessible par la départementale D26 et est entouré de parcelles agricoles.

La cote altimétrique du site est estimée à environ +77 m NGF.

Les coordonnées géographiques en RGF 93 (Lambert 93) du centroïde de la plate-forme sont données ci-dessous :

- Longitude : 2°20'35,8" E
- Latitude : 48°34'05,7" N



### III. HISTORIQUE DES TRAVAUX REALISES SUR LE SECTEUR

#### 3.1. Historique des titres miniers sur le secteur

En 1982, la Société Nationale Elf-Aquitaine Production (SNEA), la Société française des pétroles BP (anciennement BP France) et la Société française de développement pétrolier BP sollicitent conjointement un permis exclusif de recherches d'hydrocarbures liquides ou gazeux dit « PEHR d'Evry » portant sur une partie des départements de l'Essonne, de Seine-et-Marne et du Val-de-Marne, pour une durée de 4 ans. Ce permis, d'une superficie de 465 km<sup>2</sup>, leur sera accordé par décret du 24 février 1983 (JORF du 3 mars 1983). Le permis d'Evry sera ensuite prolongé par décret du 6 décembre 1988 (JORF du 11 décembre 1988) sur une superficie de 266 km<sup>2</sup> environ, puis étendu à 311 km<sup>2</sup> environ par le décret du 17 avril 1989 (JORF du 22 avril 1989), jusqu'au 3 mars 1991.

Par la suite, le « Permis d'exploitation de Vert-le-Grand » sera accordé à ces mêmes sociétés par arrêté du 12 juillet 1989 (JORF du 2 août 1989). D'une superficie de 26,57 km<sup>2</sup>, ce permis, accordé pour une durée de 3 ans, porte sur la plupart des communes couvertes par les futures concessions de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche.

En 1990, la Société française de développement pétrolier BP et l'ensemble des activités exploration-production du groupe BP en France fusionnent avec la SNEA, qui devient la société Elf-Aquitaine Production, et de ce fait l'unique opérateur des puits déjà en production sur les champs de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche.

Les concessions de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche sont ensuite accordées par décret du 7 février 1994 à la société Elf-Aquitaine Production pour une durée de 25 ans.

**Les travaux présentés dans les chapitres qui suivent ont donc initialement été entrepris dans le cadre de permis de recherches puis dans le cadre des concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche octroyées en 1994.**

#### 3.2. Historique des travaux de géophysique

Les périmètres des concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche ont été couverts par 16 campagnes sismiques différentes, réalisées entre 1974 et 1991 par Elf Aquitaine, soit près de 400 kilomètres linéaires de sismique 2D et 3D.

La localisation des lignes sismiques 2D et 3D est représentée sur la figure suivante.

En raison de la présence de zones à forte densité de population, la concession de La Croix-Blanche n'a pas fait l'objet d'une campagne de sismique 3D.

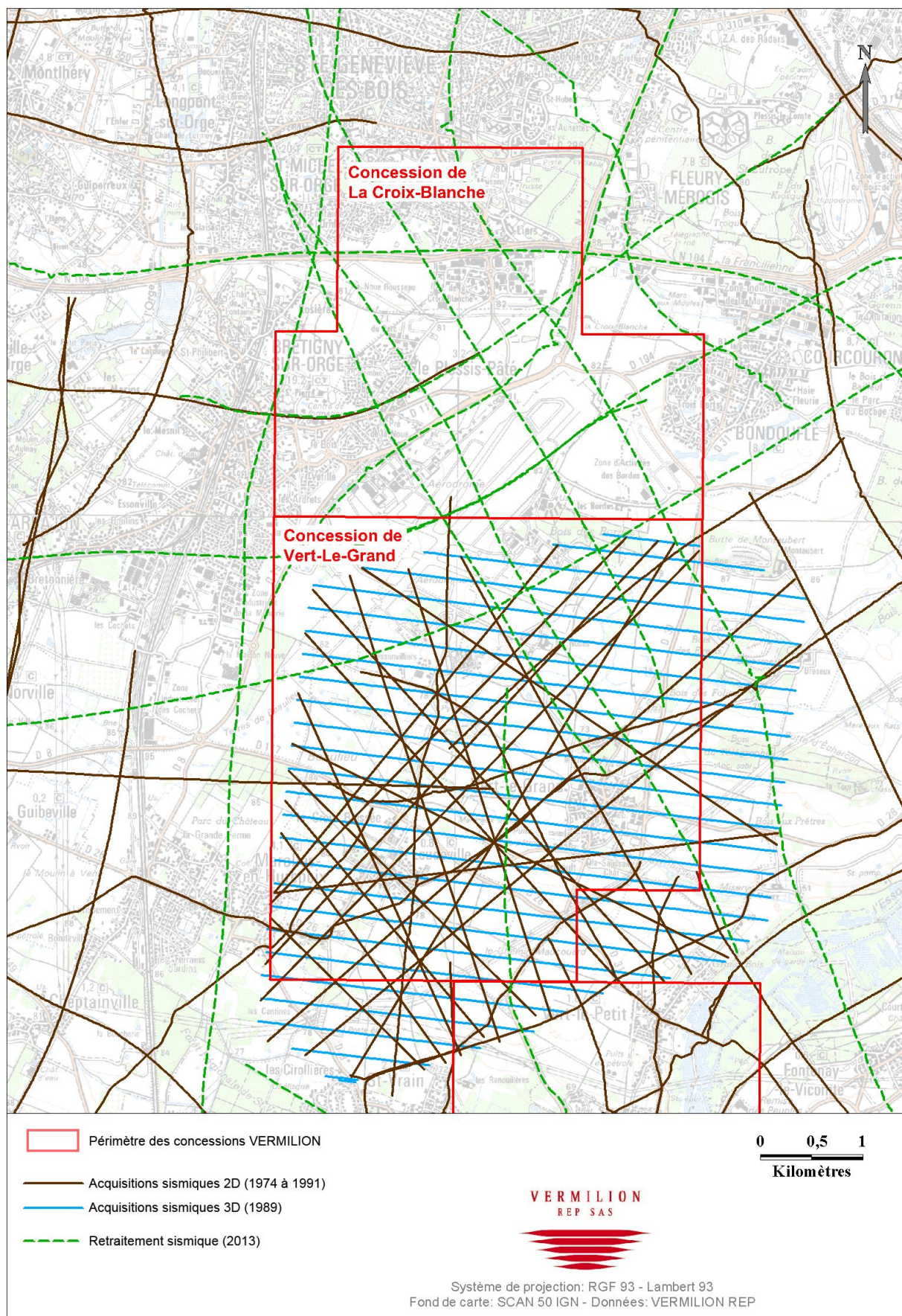
##### ➤ **Les campagnes sismiques 2D**

Les concessions de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche ont été couvertes par 33 lignes sismiques 2D. Ces lignes représentent au total une superficie couverte de près de 355 kilomètres linéaires (cf. Figure 2).

##### ➤ **Les campagnes sismiques 3D**

Seule la concession de Vert-Le-Grand a été couverte par une campagne de sismique 3D. Cette campagne s'est déroulée en 1989, et a couvert 27,5 km<sup>2</sup>. Le périmètre de la concession concerné par cette acquisition est représenté en bleu sur la Figure 2.

En 2013, afin d'améliorer le modèle proposé par Total en 2011, la société Vermilion a entrepris le retraitement sismique de certaines acquisitions sismiques 2D ainsi que des résultats de la campagne sismique 3D.



**Figure 2 : Localisation des lignes sismiques 2D et 3D sur les concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche**

### 3.3. Historique des travaux de forage

Les emplacements des différents forages décrits dans ce chapitre sont présentés sur la Figure 3 suivante.

#### 3.3.1. Champ de Vert-Le-Grand

En août 1986, le champ de Vert-Le-Grand est découvert par la Société nationale Elf-Aquitaine Production (SNEA) grâce au forage du puits **VLG 1**. Ce puits, opéré en moitié par la SNEA et en moitié par BP, atteint le réservoir des **Grès de Chaunoy** au centre de l'actuelle concession de Vert-Le-Grand.

Le développement initial du champ a ensuite été réalisé par étapes par la société Elf Aquitaine Production :

- Entre 1987 et 1988, les puits **VLG 2**, **VLG 4**, **VLG 5** et **VLG 6** sont forés dans le réservoir du Chaunoy. Le puits VLG 6 était à sec et a été rebouché immédiatement. Cette même année, le puits injecteur **VLG 401** a été foré jusqu'à 1 613 m dans le réservoir du Callovien ;
- En 1990, un nouveau puits producteur **VLG 8** est foré dans le réservoir du Chaunoy jusqu'à 2 061 m de profondeur ;
- En 1991, deux autres puits sont créés, **VLG 9** et **VLG 10**, qui exploitent le réservoir de Chaunoy à 2 202 m de profondeur ;
- En 1994, un nouveau puits injecteur, **VLG 402**, profond de 1 726 m est foré dans le réservoir du Callovien ;
- En 1996, le puits **VLG 2** est transformé en injecteur **VLG 502** dans le réservoir de Chaunoy à 1 989 m de profondeur.

En décembre 1990, Elf Aquitaine Production sollicite l'octroi de la concession de La Vert-Le-Grand qui lui est accordée par Décret du 7 février 1994 (cf. Pièce jointe n°2 – « Qualité de la Demande »).

*Remarque : sur la concession de Vert-Le-Grand, seul le puits VLG 9 atteignait le réservoir des Grès de Boissy. Ce puits a exploité une lentille du réservoir des grès de Boissy entre mai 1991 et avril 1992. Par la suite, il a été mis en production pour le réservoir de Chaunoy uniquement.*

#### 3.3.2. Champ de La Croix-Blanche

En août 1987, le champ de La Croix-Blanche est découvert par la Société nationale Elf-Aquitaine Production grâce au forage du puits **LCX 1** (ex VLG 3) sous couvert du Permis Exclusif de Recherche d'Hydrocarbures liquides ou gazeux (PERH) d'Evry. Le puits, initialement foré dans le but d'atteindre le réservoir de Chaunoy, a mis en évidence le **réservoir de Boissy**, dans le cadre de travaux de recherches de l'extension du gisement de Vert-Le-Grand au Nord de l'actuelle concession de Vert-Le-Grand.

La société Nationale Elf-Aquitaine Production (devenue Elf Aquitaine Production) entreprend le forage de puits de développement dans la partie Nord de ce permis :

- En 1990, le puits **LCX 2** (ex VLG 7) est foré. Il sera rebouché en 1996 pour cause de trop faible production ;
- En 1992, le puits **LCX 3** (ex VLG 101) est foré avec succès dans le réservoir de Boissy à 2 109 m de profondeur ;
- Entre 1993 et 1995, les puits **LCX 4** et **LCX 5** sont forés avec succès dans le réservoir de Boissy respectivement à 2 033 m et 2 498 m de profondeur. Le puits LCX 4 sera abandonné en 1994 ;

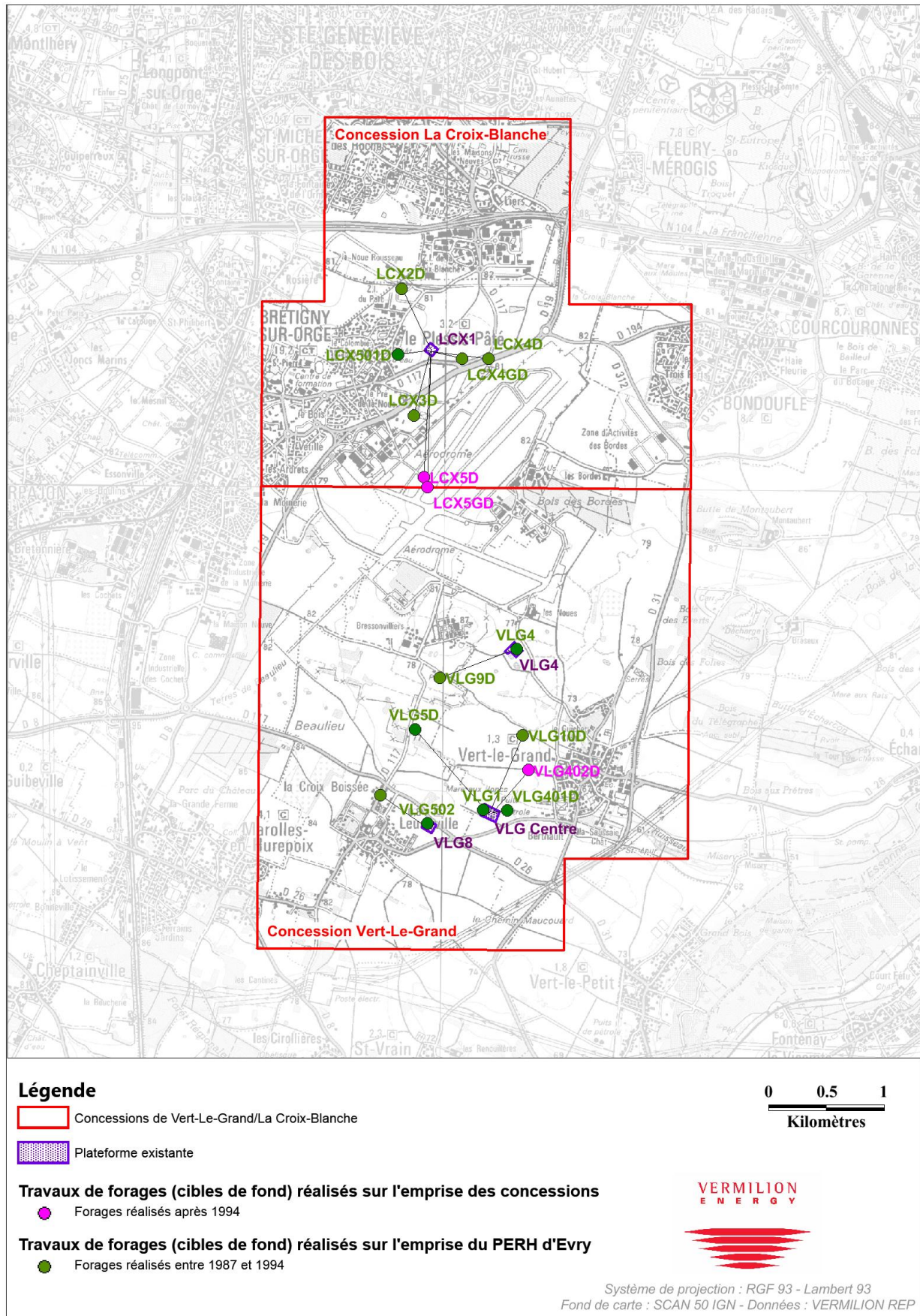
- En **1997**, le puits source **LCX 601** est foré dans la nappe des Calcaires de Brie à 19 m de profondeur. Ce puits va alimenter le puits **LCX 501** (ex LCX 1), devenu injecteur.
- En **2000**, le puits **LCX 602** est foré dans la nappe des Calcaires de Champigny à 70 m de profondeur. Ce puits, initialement réalisé pour remplacer le LCX 601, sera finalement mis en sommeil.

En décembre 1990, Elf Aquitaine Production sollicite l'octroi de la concession de La Croix-Blanche qui lui est accordée par Décret du 7 février 1994 (cf. *Pièce jointe n°2* – « *Qualité de la Demande* »).

### 3.4. La reprise des deux champs par Vermilion en 2012

En janvier 2012, la société VERMILION REP acquiert certains actifs détenus par Total E&P, dont les concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche. Par décret ministériel du 21 octobre 2013, les concessions de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche sont mutées au profit des sociétés VERMILION REP et VERMILION Pyrénées.

Depuis janvier 2012, Vermilion REP agit comme opérateur du champ en maintenant la production actuelle des puits situés dans l'emprise des concessions. En 2012 et 2013, Vermilion lance de nouvelles études intégrées (géologie, géophysique, réservoir) pour analyser l'histoire dynamique du champ et trouver de nouveaux prospects.



**Figure 3 : Historique des travaux de forages effectués sur les concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche**

### 3.5. Historique de la production

#### 3.5.1. Vert-Le-Grand

Le graphique suivant montre l'évolution des débits journaliers en huile et en eau du champ depuis sa découverte.

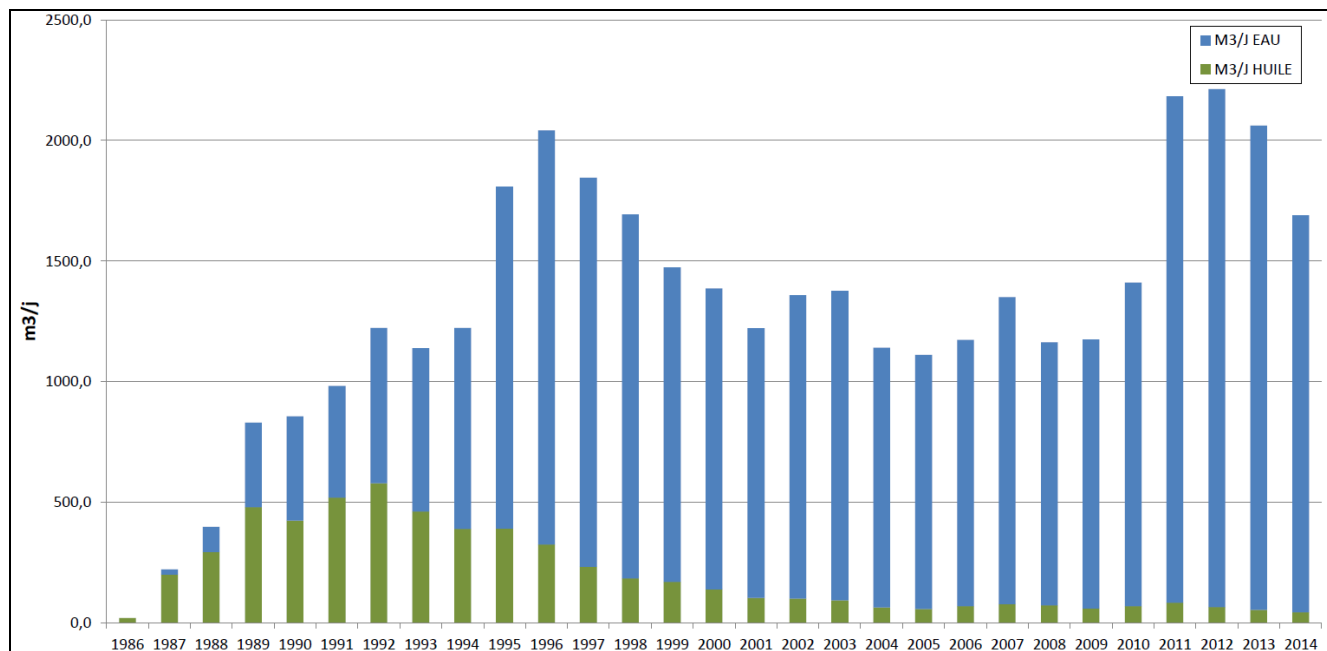


Figure 4 : Historique de production du champ de Vert-Le-Grand

Ce graphique montre que les pics de production ont été atteints lors des phases de développement entre 1986 et 1995.

**La réalisation de nouveaux forages d'extension et de développement, et donc la mise en production de l'ensemble du gisement devrait permettre d'atteindre un pic de production maximale.**

Le tableau suivant présente le bilan de la production de champ de Vert-Le-Grand.

Tableau 3 : Bilan de production du champ de Vert-Le-Grand

	Fluide	Concession de Vert-Le-Grand
Production cumulée depuis l'origine (au 31 avril 2014)	Huile	2 099 127 m <sup>3</sup>
	Eau produite	10 703 749 m <sup>3</sup>
	Eau injectée	6 267 902 m <sup>3</sup>
Production annuelle 2013	Huile	19 734 m <sup>3</sup>
	Eau produite	703 975 m <sup>3</sup>
	Eau injectée	1 269 988 m <sup>3</sup>
Production annuelle 2012	Huile	23 869 m <sup>3</sup>
	Eau produite	783 755 m <sup>3</sup>
	Eau injectée	1 268 435 m <sup>3</sup>

Le champ de Vert-Le-Grand fait partie des 6 champs les plus productifs des actifs de Vermilion dans le Bassin Parisien. Avec seulement 9 puits forés (6 producteurs et 3

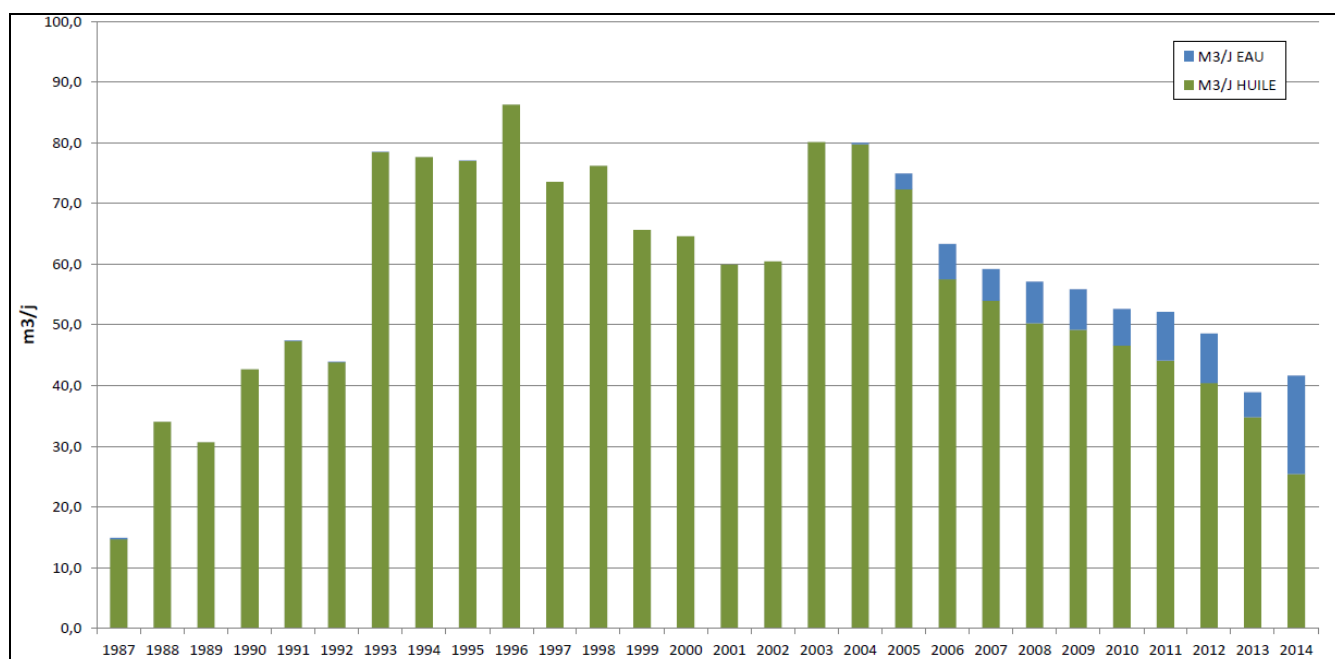
injecteurs), le champ a produit en 2013 19 734 mètres cubes d'huile, ce qui correspond à une production journalière de 339 barils équivalent pétrole ( $1 \text{ m}^3=6,27 \text{ bep}$ ).

Les fluides produits sur la concession de Vert-Le-Grand sont actuellement composés de 2% d'huile et 98 % d'eau en moyenne.

**Le champ de Vert-Le-Grand reste un champ à fort potentiel, malgré son caractère mature. Le projet de développement mis en place sur ce champ permettra d'augmenter la production, les réserves récupérables et de prolonger la vie du champ.**

### 3.5.2. La Croix-Blanche

Le graphique suivant montre l'évolution des débits journaliers en huile et en eau du champ depuis sa découverte.



**Figure 5 : Historique de production du champ de La Croix-Blanche**

Le tableau suivant présente le bilan de la production de champ de La Croix-Blanche

**Tableau 4 : Bilan de production du champ de La Croix-Blanche**

	Fluide	Concession de La Croix-Blanche
Production cumulée depuis l'origine (au 31 avril 2014)	Huile	562 581 m <sup>3</sup>
	Eau produite	22 178 m <sup>3</sup>
	Eau injectée	145 150 m <sup>3</sup>
Production annuelle 2013	Huile	12 643 m <sup>3</sup>
	Eau produite	1 006 m <sup>3</sup>
	Eau injectée	6 541 m <sup>3</sup>
Production annuelle 2012	Huile	14 734 m <sup>3</sup>
	Eau produite	2 944 m <sup>3</sup>
	Eau injectée	8 803 m <sup>3</sup>

La composition des fluides produits sur la concession de La Croix-Blanche varie en fonction du puits considéré :

- Les fluides produits sur le puits LCX 3 sont actuellement composés de 47,5% d'huile et 52,5 % d'eau en moyenne.
- Les fluides produits sur le puits LCX 5 sont actuellement composés de 97% d'huile et 3 % d'eau en moyenne.

Globalement, les puits du champ de La Croix-Blanche ont toujours produit de l'huile à débit régulier (Figure 5). Cette huile était anhydre jusqu'en 1996. Actuellement, la fraction aqueuse dans l'huile oscille entre 10 et 25% selon les années.

**Le champ de La Croix-Blanche est donc un champ pétrolier encore jeune et peu exploité. La réalisation de nouveaux forages de délinéation et de développement au sein du réservoir de La Croix-Blanche à partir de la plateforme VLG 4 située sur la concession de Vert-Le-Grand devrait permettre la mise en production de l'ensemble du gisement.**



## IV. CARACTERISTIQUES DU GISEMENT DE VERT-LE-GRAND ET LA CROIX-BLANCHE

### 4.1. Contexte géologique

#### 4.1.1. Contexte géologique du Bassin Parisien

Avec plus 3 000 mètres de sédiments étendus sur 110 000 kilomètres carrés, le bassin parisien est le plus large bassin sédimentaire de France. Les sédiments, datés du Mésozoïque au Cénozoïque, reposent sur un socle cristallin d'âge hercynien. Ils forment une série sédimentaire composée de couches parallèles d'épaisseur variable centrées autour de Paris.

La diversité des faciès sédimentaires a fait du bassin parisien une cible majeure pour l'exploration pétrolière qui a commencé dès les années 50.

Le cadre géologique général du bassin de Paris est présenté par la carte et la coupe géologique ci-dessous :

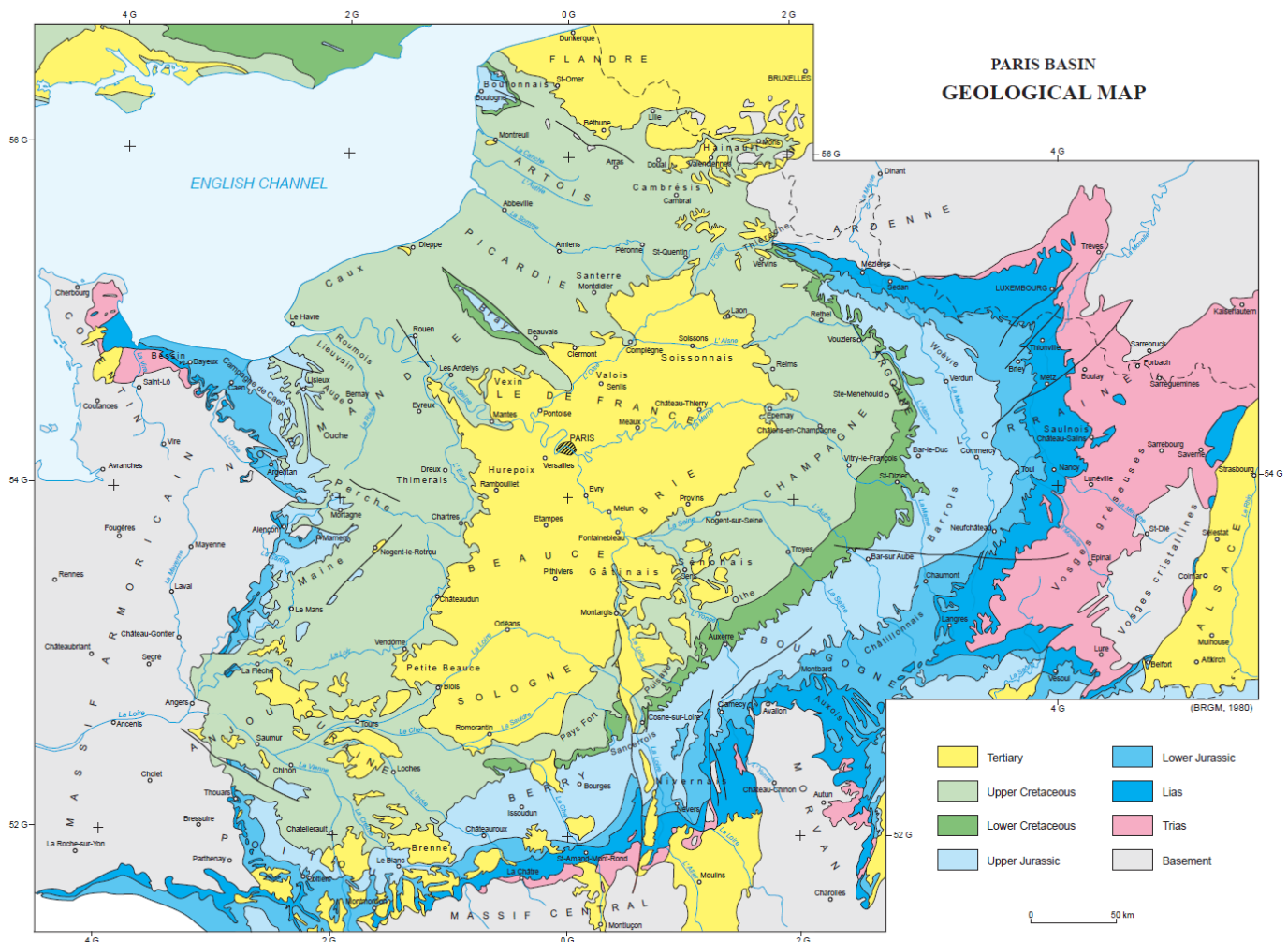
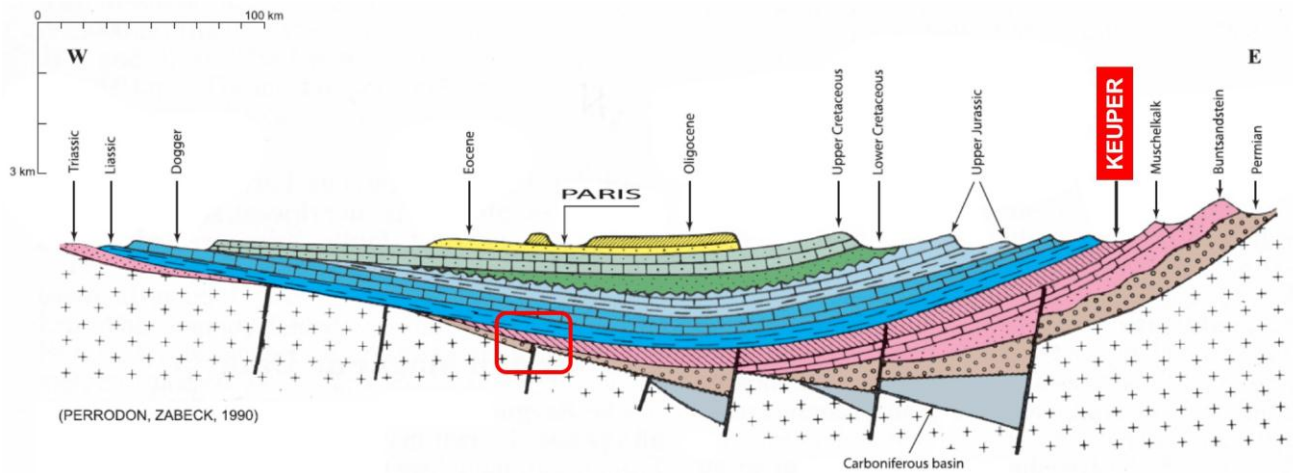


Figure 6 : Carte géologique simplifiée du bassin de Paris (source : synthèse géologique du bassin de Paris, tome 2, BRGM, 1980)



**Figure 7 : Coupe géologique schématique Ouest-Est du bassin de Paris** (adapté de Perrodon et Zabeck, 1990)

Le bassin de Paris est constitué d'un empilement de roches sédimentaires qui reposent sur un socle granitique fracturé (Figure 7).

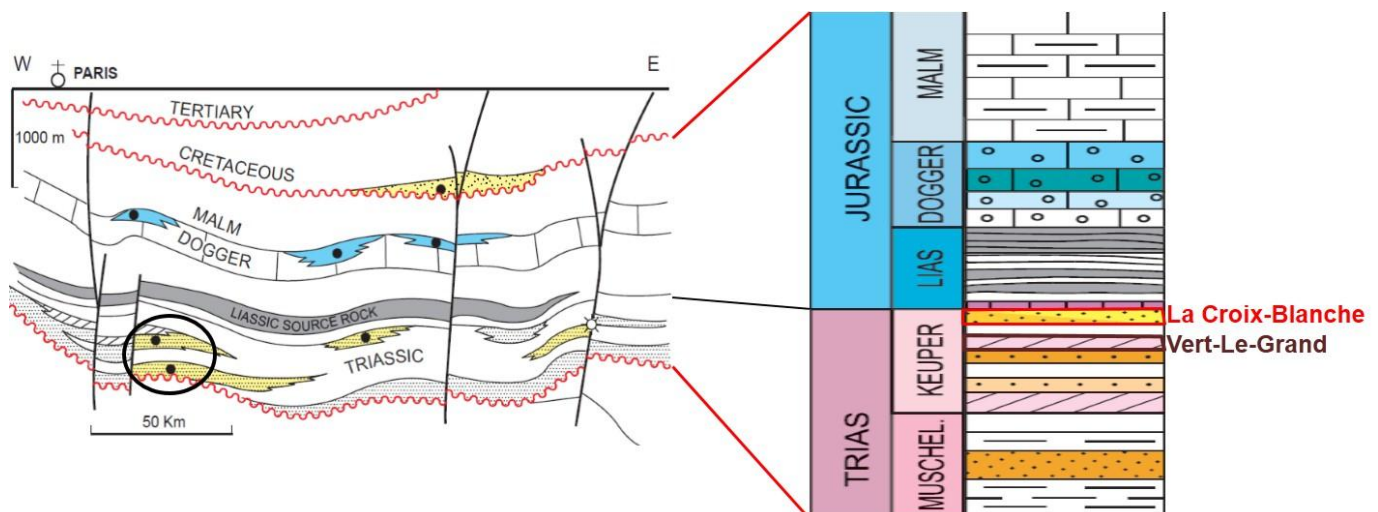
Les formations les plus riches en hydrocarbures sont les Grès datés du Trias et les Calcaires datés du Jurassique.

Au droit des concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche, les roches exploitées sont datées du Keuper (Trias supérieur). Ces roches affleurent en bordure du bassin à l'Est, dans la région des Vosges (Figure 6).

Aucune formation réservoir n'a été détectée sous les formations du Trias, à plus de 2 500 mètres de profondeur.

#### 4.1.2. Contexte géologique régional de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche

Les niveaux réservoirs des champs de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche sont constitués de roches datées du Trias supérieur (Keuper), comme le montre la coupe ci-dessous.



**Figure 8 : Log synthétique des formations du Trias et du Jurassique** (adapté de Bacchiana et al., 1994)

## 4.2. Description du piège pétrolier

### 4.2.1. Le réservoir du champ de Vert-Le-Grand

#### 4.2.1.1 Description géologique

Le réservoir du champ de Vert-Le-Grand appartient à la formation des « Dolomies de Chaunoy ». Ce réservoir est constitué de trois grandes unités d'épaisseur variable sur 43 mètres d'épaisseur avec, du sommet vers la base :

- **La formation de Chalain inférieure gréseuse appelée Grés Supra Dolomitique** qui contribue faiblement à la production et a une épaisseur de l'ordre de 5 mètres. Il s'agit de grès déposés dans un environnement fluviatile.
- **La formation de Chaunoy dolomitique** qui constitue le principal réservoir (85% de la production). Elle a une épaisseur variant de 10 mètres (au niveau du puits VLG 2) à 25 mètres (au niveau du puits VLG 9). Elle se caractérise par des alternances de dépôts grés/dolomie, avec une forte hétérogénéité à l'échelle du gisement.
- **La formation de Chaunoy gréseuse** : Son épaisseur est comprise entre 28 mètres (au niveau du puits VLG 9) et 53 mètres (au niveau du puits VLG 2). Il s'agit d'une série à dominante grés-conglomératique à la base qui évolue au sommet vers des grés argileux puis dolomitiques de type fluviatile. Cette série gréseuse comprend des écrans majeurs qui isolent l'aquifère de la formation de Chaunoy.

L'essentiel de l'accumulation est piégé dans l'ensemble dolomitique. La couverture du gisement est assurée par un ensemble argileux dans lequel des niveaux gréseux appelés « Grés de Boissy » ont été rencontrés et se sont révélés producteurs d'huile essentiellement sur le champ voisin de La Croix Blanche où ils constituent d'ailleurs le seul intervalle réservoir.

#### 4.2.1.2 Description structurale

Le gisement correspond à un panneau faillé à regard Est limité à l'Ouest et au Sud par deux failles normales tandis que les fermetures Nord et Est sont assurées par l'aquifère. La structure est orientée globalement Nord/Sud et s'étend sur 4 km de long pour 3 km de large. Elle culmine à 1 804 mètres-sous-mer (toit de la dolomie de Chaunoy) dans le puits de VLG 8.

### 4.2.2. Le réservoir du champ de La Croix-Blanche

#### 4.2.2.1 Description géologique

Le réservoir du champ de La Croix Blanche appartient à la formation des « Grés de Boissy » (Rhétien, Trias supérieur). Ces dépôts gréseux s'étendent sur la concessions de La Croix-Blanche et la partie nord de la concession de Vert-Le-Grand. Les « Grés de Boissy » sont isolés au sein d'une série argileuse, la formation de Chalain, qui assure leur fermeture hydrodynamique latérale et verticale.

#### 4.2.2.2 Description structurale

Le champ de la Croix Blanche est essentiellement constitué par un piège stratigraphique limité à l'Ouest par une faille régionale orienté Nord-Sud à regard Ouest tandis qu'au Nord et au Sud ce sont des accidents à faible rejet de direction Nord / Nord- Est – Sud / Sud-Ouest qui limitent le gisement. La structure s'étend environ sur 2 km<sup>2</sup> et culmine au niveau des «Grés de Boissy » à 1 806 mètres-sous-mer, au niveau du puits LCX 5.

### 4.3. Principaux paramètres des réservoirs

Le tableau suivant reprend les principales caractéristiques des réservoirs de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche.

**Tableau 5 : Principales caractéristiques des réservoirs de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche**

Paramètres	La Croix-Blanche	Vert-Le-Grand
Epaisseur brute* (en mètres)	10 à 25	43
Epaisseur nette (en mètres)	4	17
Porosité moyenne	17 %	12 %
Perméabilité moyenne (mili Darcy)	350	300

\* L'épaisseur brute du réservoir correspond à la hauteur totale du réservoir, de la base au sommet. L'épaisseur nette correspond à la partie poreuse susceptible de contenir l'huile du réservoir.

Il est intéressant de noter les valeurs élevées de perméabilité et porosité moyenne pour le réservoir de La Croix-Blanche. Ces valeurs confirment le fort potentiel du gisement (chapitre 3.5.2).

### 4.4. Caractéristiques du fluide extrait

Les fluides provenant du réservoir sont de différentes natures : **l'huile** recherchée, **l'eau** de l'aquifère présente dans le même réservoir (eau fossile) qui se trouve presque toujours au contact de l'huile, et le **gaz en solution dans l'huile**.

Ainsi, la teneur en eau du fluide varie d'un puits à l'autre et au cours de la vie du gisement.

Les caractéristiques de l'huile sont différentes pour les réservoirs de Vert-Le-Grand et de La Croix-Blanche. Les principales caractéristiques physico-chimiques de l'huile produite sur ces deux champs sont regroupées dans le tableau suivant.

**Tableau 6 : Principales caractéristiques du brut de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche**

Paramètres	VLG	LCX
<b>Caractéristiques de l'huile</b>		
Densité à 15,6°C (en kg/L)	0.810	0.8116
Point de bulle (en bar)	35.2	29.7
Viscosité à 86°C (cP)	3.02	3.75
GOR (Nm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) - Ratio Gaz/Huile	9.1	3.89
Température (en°C)	86	86
<b>Caractéristiques de l'eau</b>		
Salinité de l'eau de gisement (g/L)	70	70
Résistivité (Ω.m)	0.1	0.1
Viscosité à 86°C (en cP)	0.396	0.396
<b>Caractéristiques du gaz libéré (en % molaire)</b>		
N <sub>2</sub>	31.3	52.275
H <sub>2</sub>	-	-
O <sub>2</sub>	-	-
CO <sub>2</sub>	24.7	3.397
H <sub>2</sub> S	-	-
<b>Alcanes</b>		
Méthane	21.35	27.13
Ethane	2.09	2.516
Propane	2.65	3.113
Butane	1.75+4.86	1.198+2.869
Pentane	3.49+5.15	1.763+2.329
Hexanes	2.66	2.118
Heptanes	-	0.941
Octanes	-	0.303
BTX	-	-

**A noter l'absence d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) en quantité décelable dans le gaz libéré.**

## V. DESCRIPTION DES TRAVAUX ENVISAGES

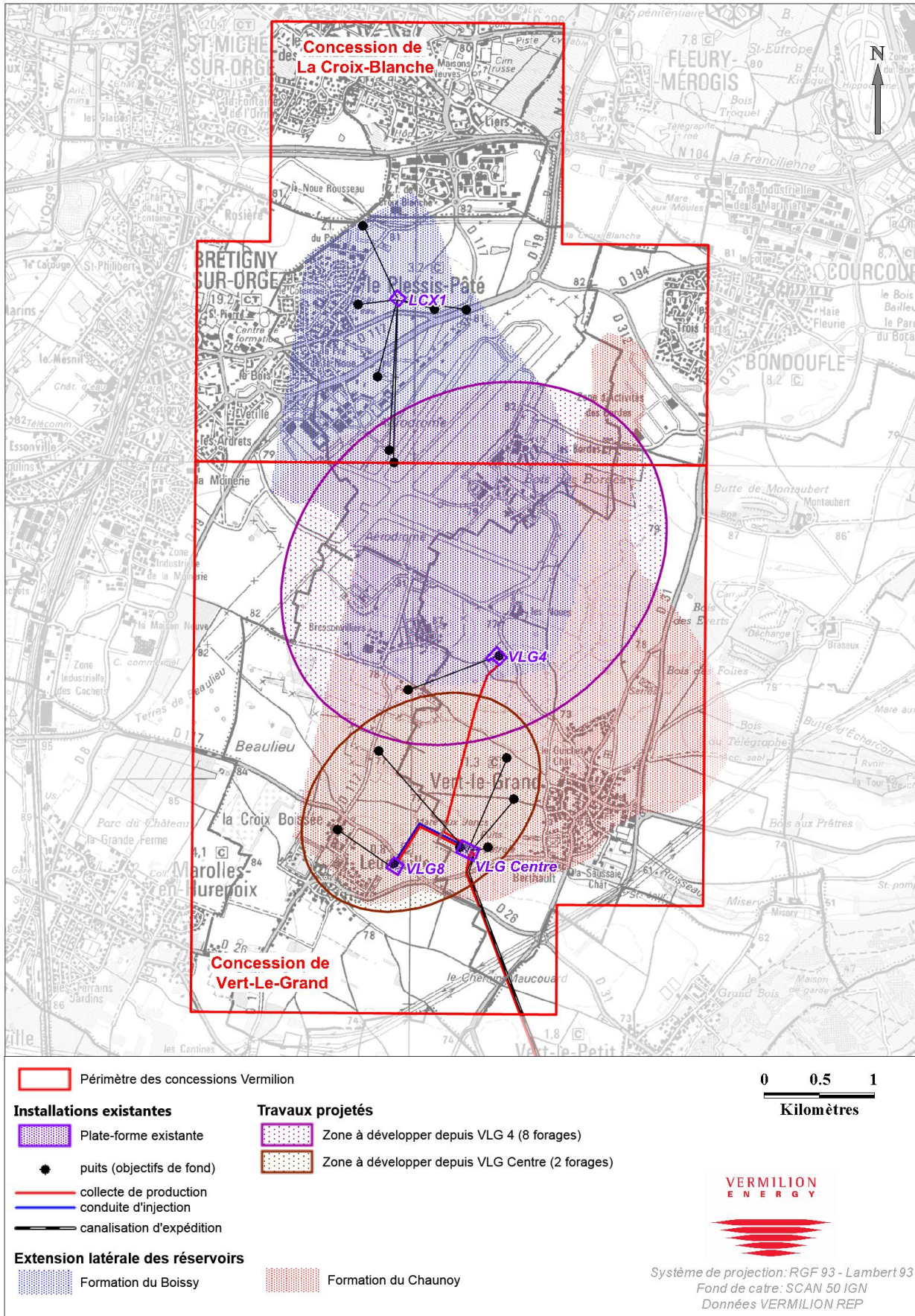
Comme il a été présenté dans la *pièce jointe n°02 – « Qualité de la demande »*, la société Vermilion projette dans les années à venir le programme de développement suivant :

- ❶ la réalisation de **10 nouveaux forages au total** – 8 forages sur VLG 4 et 2 forages sur VLG Centre - sur la concession de Vert-Le-Grand, indifféremment producteurs ou injecteurs ;
- ❷ l'extension de la plate-forme existante VLG Centre ;
- ❸ l'aménagement des plates-formes existantes qui accueilleront les nouveaux puits.

Le chapitre suivant présente les travaux de développement projetés par la société Vermilion, à savoir :

- l'extension de la plate-forme existante VLG Centre ;
- l'aménagement des plates-formes existantes VLG 4 et VLG Centre pour accueillir de nouveaux puits ;
- les opérations de forages ;
- la mise en production des nouveaux puits et leur raccordement au réseau existant.

La Figure 9 suivante présente les travaux projetés, objet de la présente demande.



**Figure 9 : Présentation des travaux projetés sur les concessions de Vert-Le-Grand et La Croix-Blanche**

## 5.1. Extension et aménagement des plates-formes existantes

Les travaux de forages seront réalisés depuis les **plates-formes existantes VLG 4 et VLG Centre** dont la localisation a été présentée au chapitre 2.3.

Ces plates-formes nécessiteront des travaux de terrassement, dans le cas d'une extension, et d'aménagement afin d'accueillir les nouveaux puits.

### 5.1.1. Les aménagements existants

Les plans de masses actuels des plates-formes VLG 4 et VLG Centre sont fournis en annexe 3.

#### ➤ Plate-forme VLG 4

Actuellement, la plate-forme couvre une superficie d'environ 19 423 m<sup>2</sup>. Elle se compose des aménagements suivants :

- un accès aménagé avec portail,
- une clôture grillagée périphérique,
- une zone centrale bétonnée (~ 625 m<sup>2</sup>) contenant les puits producteurs,
- une surface empierrée contenant cet ensemble (11 252 m<sup>2</sup>),
- une réserve incendie de 200 m<sup>3</sup>,
- un merlon d'épaisseur variable ceinturant les côtés Sud/Est et Sud/Ouest de la plateforme.

La photographie aérienne qui situe ces différents éléments sur la plate-forme est fournie ci-après.





Figure 10 : Plate-forme VLG 4



Figure 11 : Vue aérienne des installations de la plate-forme VLG 4

➤ **Plate-forme VLG Centre**

La plate-forme VLG Centre accueille des puits de production et les équipements de traitement des huiles extraites des concessions de La Croix-Blanche, Vert-Le-Grand, Vert-Le-Petit et Itteville (cf. *Pièce jointe n°3 – Méthodes de recherche et d'exploitation envisagées*).

Cette plate-forme couvre une superficie d'environ 28 012 m<sup>2</sup>. Elle se compose des aménagements suivants :

- un accès aménagé avec portail,
- une clôture grillagée périphérique,
- trois zones bétonnées contenant les différents puits entourées par un réseau de caniveaux permettant de collecter les égouttures,
- deux zones bétonnées contenant les différents bacs de stockage entourées par un réseau de caniveaux permettant de collecter les égouttures,
- une surface empierrée contenant l'ensemble du site,
- un bac décanteur-désuilheur récupérant les égouttures des zones bétonnées,
- un fossé périphérique raccordé à un bassin de réception des eaux pluviales,
- une réserve à incendie,
- des bureaux.

La photographie aérienne qui situe ces différents éléments sur la plate-forme est fournie ci-après.



**Figure 12 : Entrée de la plate-forme VLG Centre**

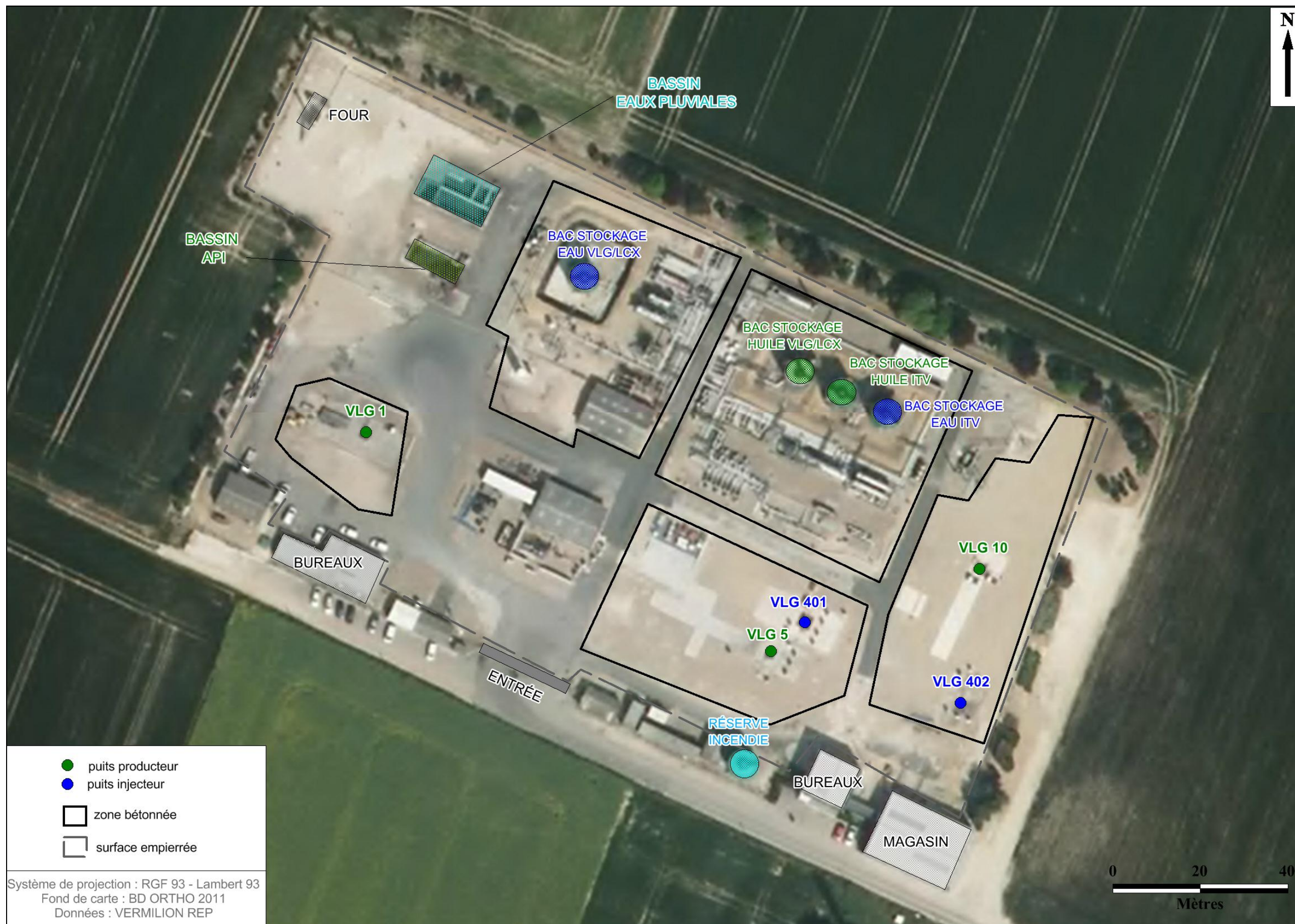


Figure 13 : Vue aérienne des installations de la plate-forme VLG Centre

### 5.1.2. Travaux d'extension et de terrassement

La réalisation de nouveaux forages sur les plates-formes existantes VLG 4 et VLG Centre nécessitera l'**extension de la plate-forme VLG Centre**. Aucune extension n'est prévue sur VLG 4

Une **convention d'occupation des sols** sera établie entre le(s) propriétaire(s) des sols jouxtant la plate-forme et la société Vermilion sur la durée de l'autorisation de la concession de Vermilion. Cette extension concernera des **terrains à vocation agricole**.

VERMILION REP entreprendra alors des **travaux de terrassement** destinés à créer de nouvelles surfaces nivelées et compactées pour accueillir l'appareil de forage et ses installations annexes.

L'extension de surface ainsi créée sera empierrée par apport extérieur de matériaux durs, propres et compactés en couches successives séparées du sous-jacent par un géotextile. L'épaisseur des matériaux sera d'environ 20 à 30 cm au niveau des zones de roulage et d'environ 50 cm au niveau des zones pouvant servir d'assise aux appareils de forage. Les zones susceptibles de recevoir des égouttures en cours de forage seront imperméabilisées par un enrobé.

Ces travaux **durent 3 à 4 semaines environ**.

L'emprise de l'extension projetée est représentée sur la figure suivante. Les dimensions de l'extension sont données à titre indicatif et représentent l'extension maximale qui sera réalisée. Un porter-à-connaissance sera envoyé avant la réalisation effective de l'extension avec le futur plan de masse (article 5 de l'arrêté préfectoral n°2008-PREF.DCI3/BE 0065 du 26/05/2008).



Figure 14 : Emprise de l'extension de la plate-forme VLG Centre

### **5.1.3. Aménagements des plates-formes**

Avant chaque campagne de forage, les surfaces des plates-formes seront aménagées et adaptées aux caractéristiques de l'appareil de forage et notamment son « empreinte » au sol. C'est elle qui détermine la localisation des fondations permettant de garantir l'assise de l'appareil de forage.

Ces travaux sont essentiellement de type « génie civil » et **durent 1 à 2 mois**.

Les aménagements qui seront réalisés sont présentés ci-après.

- **Cave**

1 fosse étanche en béton armé de dimensions 2,5 m x 2 m x H = 2 m, dite « cave de forage », sera implantée sur la plate-forme **pour chaque nouveau puits**. La partie supérieure de la cave est au niveau fini de la plate-forme. Un tube guide (de 20" à 28") en acier affleure en fond de cave et descend entre 10 et 20 m de profondeur. Il constitue le point d'entrée du forage. A terme, la cave accueillera les équipements de tête de puits (terminaison du puits en surface constitué par un jeu de vannes).

La cave permet de collecter les égouttures liées à l'activité du forage : elle est étanche et dispose d'un regard permettant le pompage des effluents. En phase de production, elle permet de retenir toute fuite accidentelle d'un élément de la tête de puits de production.

- **Aires étanches**

La taille de ces aires est fonction de l'appareil de forage mais également du nombre de puits constituant la campagne de forage qui sera réalisée.

Les aires étanches de la plate-forme sont :

- l'aire entourant les caves de puits, en béton armé renforcée par des fondations, qui accueillera l'appareil de forage ; cette aire servira d'assise à l'appareil (150 m<sup>2</sup> pour un puits) ;
- l'aire bitumée entourant la zone en béton de 2000 à 4000 m<sup>2</sup>, sur laquelle seront disposés les équipements nécessaires au forage (pompes, générateurs, bacs à boues ...).

- **Réseaux de caniveaux**

Les deux aires étanches sont inclinées vers un réseau de caniveaux étanches en béton qui permet de recueillir toutes les égouttures éventuelles des équipements de forage et de les diriger vers un bac décanteur/déshuileur.

- **Bac décanteur/déshuileur**

Les eaux ruisselant (eaux de pluie + eaux de lavage) sur les aires étanches seront récupérées par le réseau de caniveaux et dirigées vers un bac décanteur/déshuileur de capacité adaptée.

En phase de travaux de forage et d'intervention sur un puits avec un appareil de service, la vanne de sortie de ce bac sera fermée : il jouera un rôle de bac de stockage. Les eaux y seront pompées puis évacuées vers un centre de traitement.

En phase d'exploitation, la vanne de sortie du bac sera ouverte : le bac jouera son rôle de bac décanteur/déshuileur : un système de détection des hydrocarbures sera installé dans le dernier compartiment afin de s'assurer qu'en cas de présence d'hydrocarbures, aucun rejet ne puisse avoir lieu.

Le schéma suivant permet d'illustrer ces propos.

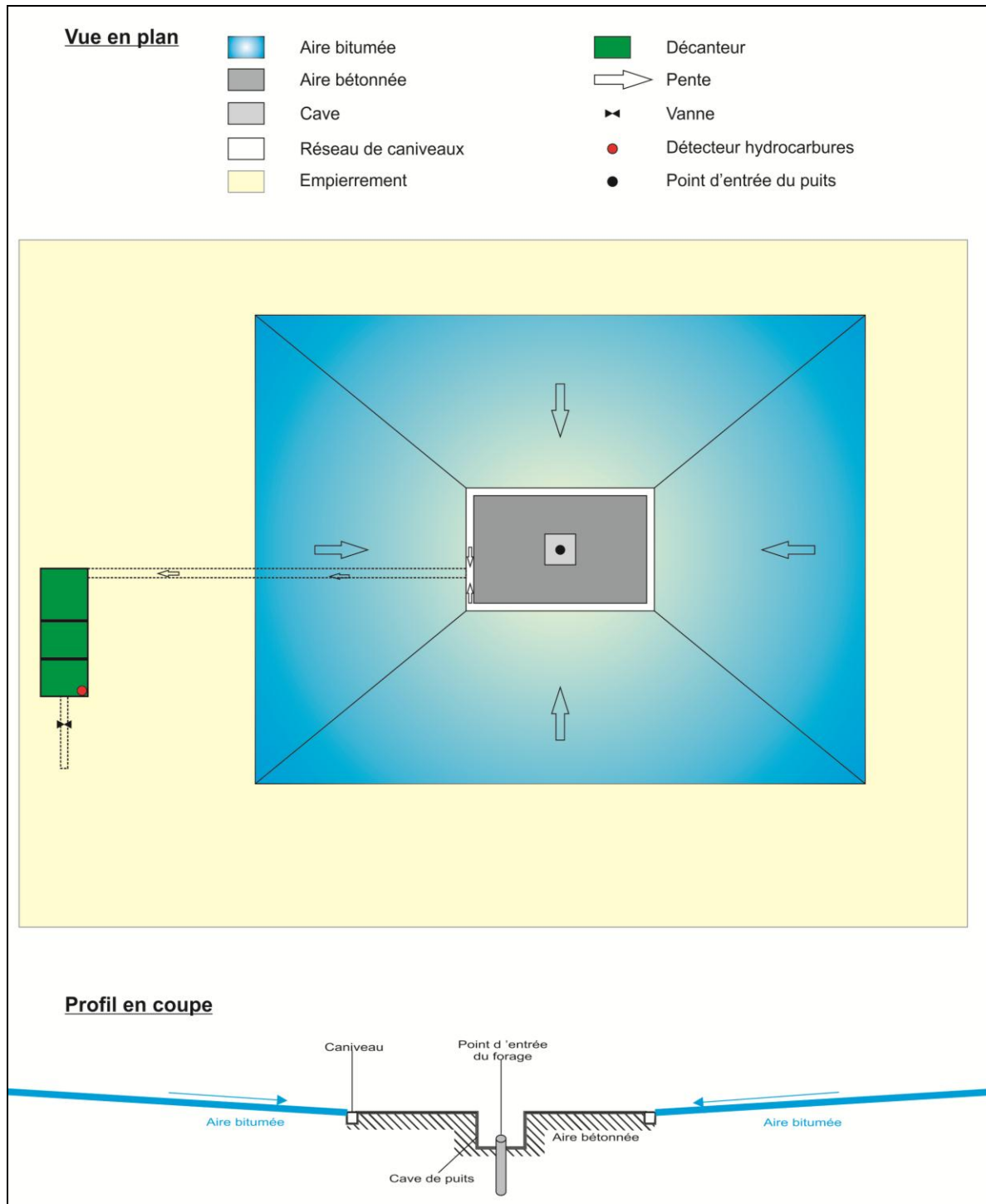


Figure 15 : Schéma de principe d'aménagement de la plate-forme

## 5.2. Les opérations de forages

Le programme de travaux prévoit la réalisation de **10 forages au total répartis sur les plates-formes VLG 4 et VLG Centre**. Leur localisation exacte entre ces plates-formes dépendra des résultats obtenus au fur et à mesure du développement. De manière générale, **il sera prévu une campagne de 2 forages en moyenne par an** (cf. chapitre VI).

Une campagne de forages peut se scinder en 4 phases distinctes détaillées ci-après :

- amenée et montage de l'appareil de forage sur site (environ 10 jours),
- opérations de forage (1 mois par puits),
- test de production,
- repli de l'appareil de forage et déménagement (environ 10 jours).

### 5.2.1. Installation – Déménagement de l'appareil de forage

#### □ Description de l'opération

Les opérations de mise en place de l'appareil de forage s'échelonnent généralement sur une dizaine de jours. Durant cette période, des camions acheminent les différents « colis » composant le chantier de forage : ces opérations nécessitent des engins de transports (**70 à 90 venues de camions**) et des engins de manutention (grue, chariot élévateur, ...).

Lorsque tous les équipements du chantier sont montés, une phase de test de ces équipements est réalisée : ensuite les travaux de forage proprement dits peuvent débuter.

En fin de chantier, tous les équipements du chantier de forage seront déménagés vers leur futur site de forage : cette opération a une durée semblable à la phase de mise en place, une dizaine de jours.

#### □ Description de l'appareil de forage et des installations annexes

##### ➤ L'appareil de forage

Les travaux de forage seront effectués avec un appareil de forage de capacité adaptée à l'ouvrage à réaliser :

- d'une puissance de 1500 hp et de 350 tonnes de capacité pour un forage moyennement dévié,
- jusqu'à 2000 hp et 500 tonnes pour les forages les plus déviés.

Les principaux éléments de ce type d'appareil sont les suivants et représentés sur la figure suivante :

- mât de forage d'une hauteur de 50 m environ,
- treuil de forage,
- table de rotation ou tête de rotation motorisée,
- pompes de forage (2 ou 3),
- ensemble moteurs thermiques / générateurs, fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'appareil,
- bassins de fabrication des fluides de forage,
- ensemble d'obturateurs de puits (BOP).

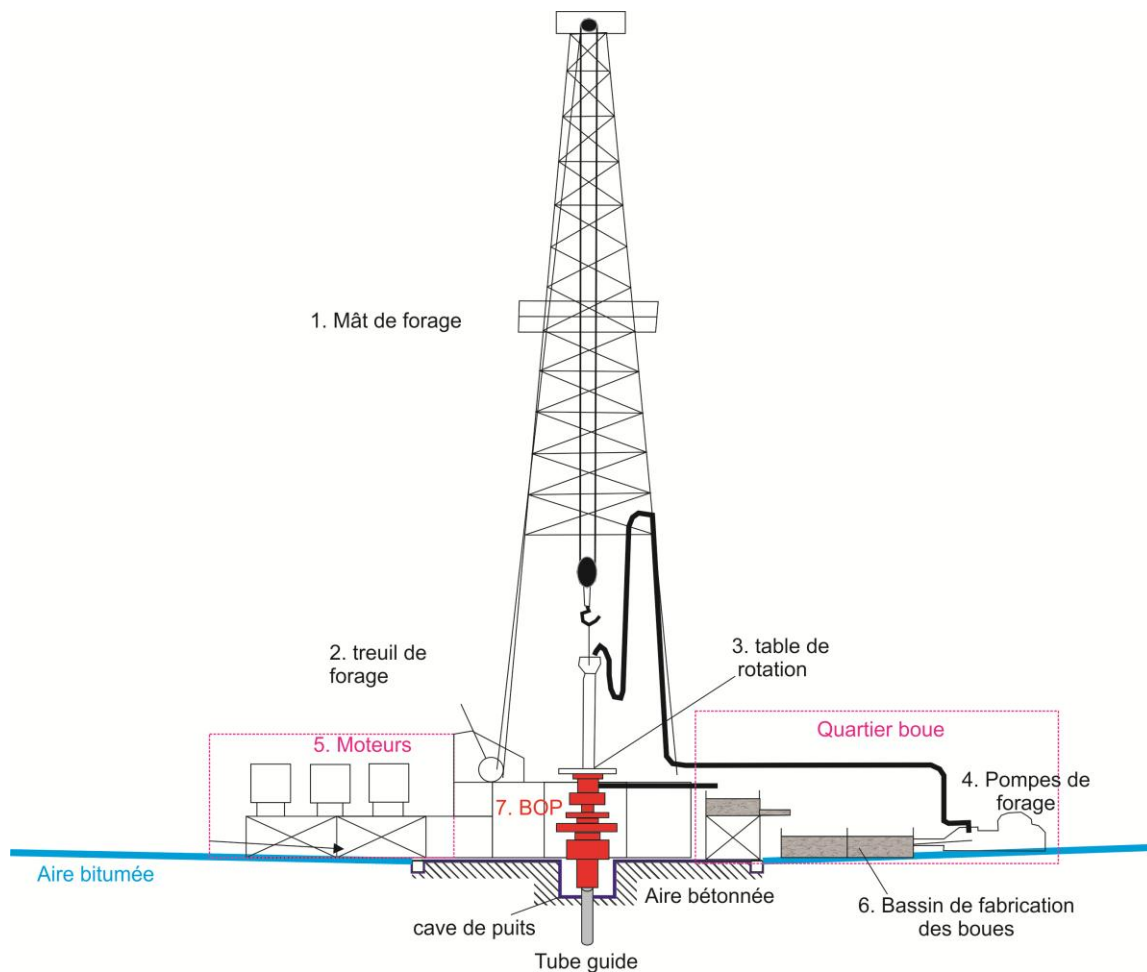


Figure 16 : Schéma d'un appareil de forage

### ➤ Les équipements annexes

Plusieurs équipements annexes seront également aménagés sur le chantier du forage, à savoir :

- le poste de gardiennage,
- le parking,
- les bureaux et quartier de « vie » (cuisine, vestiaire, sanitaire, ...),
- les aires de stockage,
- le quartier « fluides de forage » (préparation, pompes et traitement, bac de récupération des déblais),
- l'appareil de forage,
- les générateurs.

Ces installations sont représentées schématiquement sur la Figure 17 suivante.



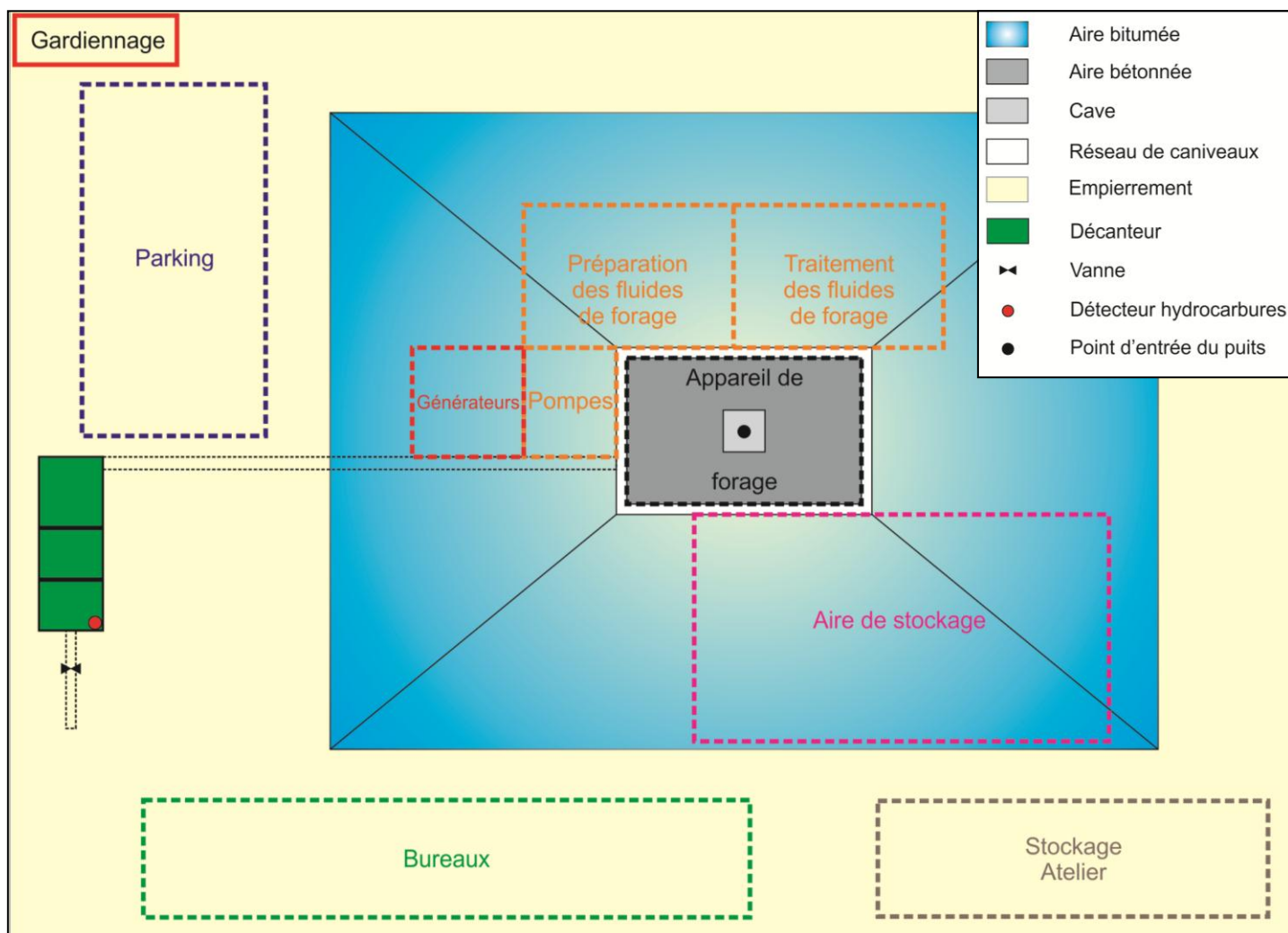


Figure 17 : Schéma organisationnel de principe des différentes zones d'un chantier de forage

### 5.2.2. Les travaux de forage

#### □ Description des opérations de forage :

Lorsqu'un chantier de forage est prêt à débuter, la partie qui se distingue le plus est le mât de forage (50 m environ). Cette tour métallique sert à introduire verticalement dans le puits l'outil de forage, situé au bout du train de tiges (ensemble de tiges de forage vissées les unes aux autres).

La table de rotation ou la tête de rotation motorisée transmet un mouvement de rotation au train de tige au bout duquel l'outil de forage va broyer ou découper la roche. Au fur et à mesure que le forage avance, de nouvelles tiges de forage sont ajoutées au train de tiges.

Pour éviter que le trou ne se rebouche au fur et à mesure du forage, il est nécessaire de faire circuler un **fluide de forage** (Figure 18). Le fluide de forage est introduit dans le puits en passant à l'intérieur du train de tiges, sort au niveau de l'outil de forage et remonte le long des parois du trou (espace annulaire).

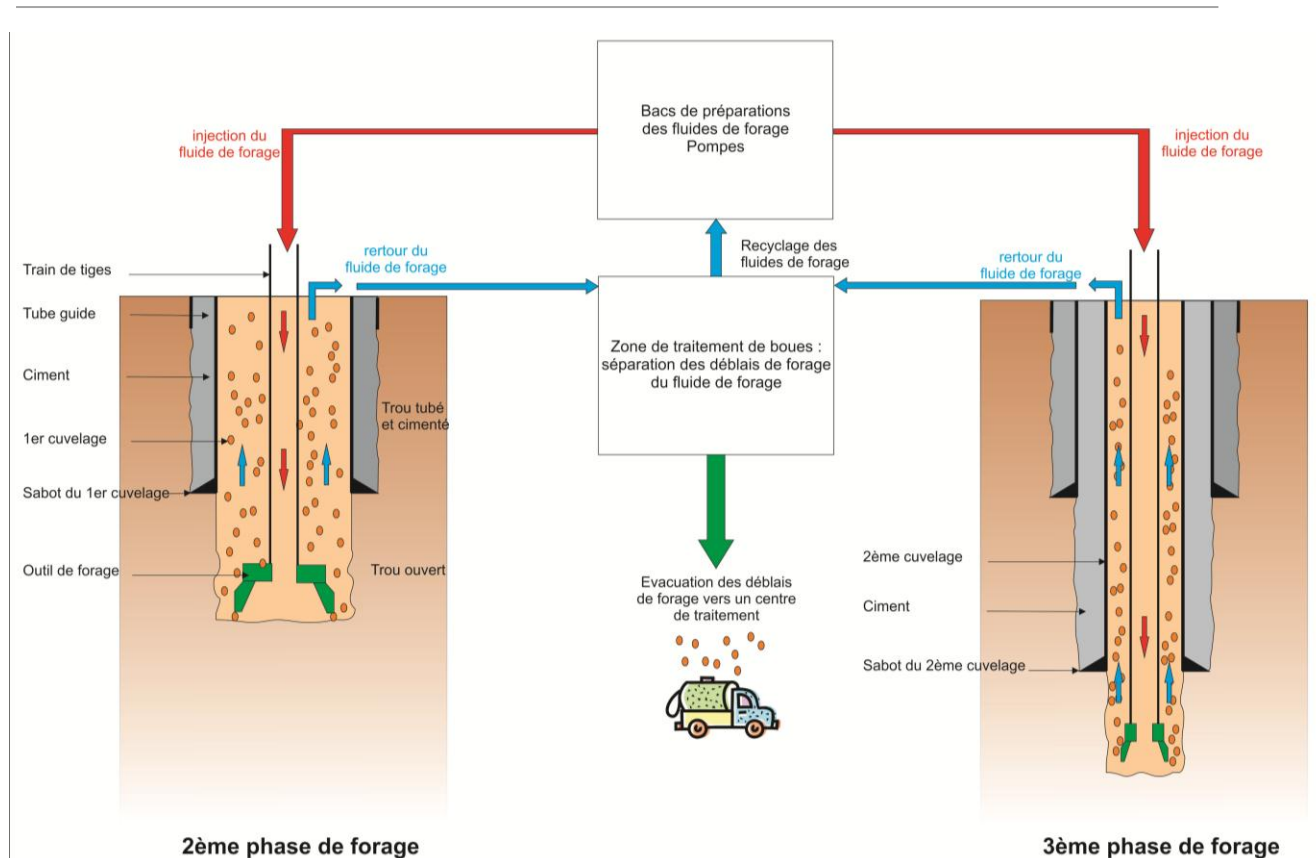


Figure 18 : Principe de circulation des fluides d'un forage

Une fois en surface, le fluide est dirigé vers le **quartier « fluides de forage »** du chantier de forage, où il va passer par un **circuit de traitement**. Ce traitement consiste à isoler la partie solide indésirable (déblais de forage) qui est envoyé vers un centre de traitement adapté, du reste du fluide qui est recyclé, puisqu'il va resservir à fabriquer le fluide de forage.

Le fluide de forage a de nombreuses fonctions et sert notamment à :

- nettoyer la zone autour de l'outil de forage et transporter les déblais (roche broyée) vers la surface,
- maintenir les déblais en suspension,
- maintenir les fluides dans les formations traversées en équilibrant leur pression grâce à sa densité qui est une propriété de la boue très importante, donc très contrôlée,
- tenir les parois du puits,
- lubrifier l'outil de forage et le train de tige,
- refroidir l'outil de forage.

Quand une section de forage est terminée, pour éviter l'effondrement du trou, des cylindres creux en acier (cuvelage), vissés entre eux, sont descendus dans le trou pour constituer un tube ininterrompu sur toute la longueur de la section qui vient d'être forée : c'est le **tubage**. Du **ciment** est ensuite injecté dans l'intervalle situé entre la roche et le tubage, il permet ainsi de **garantir l'isolation** les unes des autres des différentes zones poreuses et perméables rencontrées et de rendre possible l'approfondissement du forage dans des conditions satisfaisantes de sécurité (Figure 19).

La section de forage suivante sera de diamètre inférieur à la précédente. Plus le nombre de section de forage, et donc de tubage, est important, plus le diamètre du trou de forage se réduit.

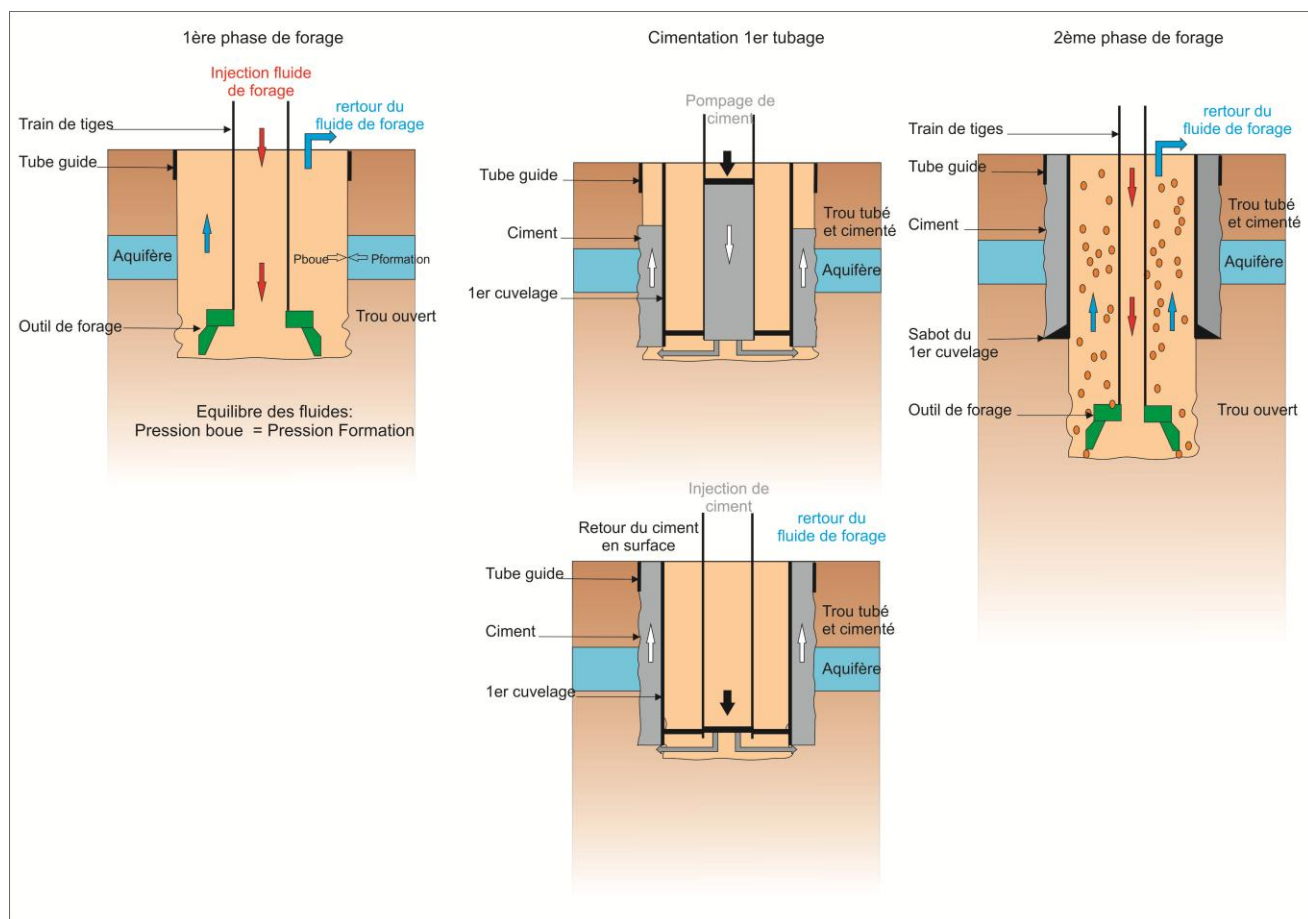


Figure 19 : Principe des différentes phases d'un forage

❑ Programme de forage et de tubage prévisionnel :

Le forage d'un puits s'effectue donc en plusieurs tronçons de diamètres différents. **Chaque tronçon foré est ensuite protégé à l'aide d'un cuvelage, posé à l'intérieur du puits, et cimenté.** Voici un exemple de programme de forage et de tubage prévisionnel d'un puits foré sur les champs de Vert-Le-Grand/La Croix-Blanche :

- a. forage en 14" <sup>3/4</sup> jusqu'à environ 150 mètres de profondeur (verticale table), dans la partie supérieure du Sénonien ;
- b. cuvelage 11" <sup>3/4</sup> K55 BTC, 42 livres/pieds, posé à 150 m et cimenté sur toute la hauteur jusqu'en surface avec un ciment à 1.9 sg ;
- c. forage en 10" <sup>5/8</sup> jusqu'à une profondeur de 880 mètres TVD (1020 m MD<sup>1</sup>), soit une vingtaine de mètres dans le Purbeckien ; début de la déviation vers 200 mètres verticale table ;
- d. cuvelage 8" <sup>5/8</sup> K55 BTC, 32 livres/pieds, posé à 880 m et cimenté du sabot jusqu'en surface avec un ciment de tête allégé à 1.2 sg et un ciment de queue à 1.9 sg : transition entre les ciments 50 mètres au-dessus de l'Albien ;
- e. montage des BOP 5 000 PSI (345 bars), tests selon RGIE (90% Ps - 15mn - 10% maximum de chute de pression) ;
- f. forage en 7" <sup>3/4</sup> jusqu'à 1900 m verticale table, soit une vingtaine de mètres après la base de la formation des grès de Boissy ;

<sup>1</sup> MD : Profondeur mesurée le long d'un puits, soit la distance de forage. Lors d'un forage dévié, cette distance est plus importante que la profondeur verticale réelle (TVD – True Vertical Depth).

- g. pose du cuvelage 5" <sup>1/2</sup> L80 BTC, 15,5 livres/pieds, à 1900 m TVD (2600 m MD), cimenté du sabot jusqu'à 150 m MD au-dessus du sabot du 9" <sup>5/8</sup> (850 m MD). Le ciment de tête sera allégé à 1.2 sg, et le ciment de queue sera à 1.9 sg ; la transition entre les 2 ciments est prévue 100 m au-dessus du Bathonien (1430 m TVD).

*Remarques : compte tenu de ses nombreux travaux effectués sur ses concession du Bassin Parisien, Vermilion REP a fait évoluer ses programmes de forages au fur et à mesure de ses campagnes afin d'améliorer la sécurité des ouvrages, avec notamment :*

- *la mise en place du sabot du cuvelage de surface (11 <sup>3/4</sup>" ) au toit du Sénonien et sa cimentation jusqu'en surface afin d'améliorer la protection des aquifères de surface,*
- *l'utilisation de fluides à émulsion inverse lors de la dernière phase de forage (du Portlandien jusqu'au fond du puits) afin de garantir la stabilité des parois du puits,*
- *la cimentation du cuvelage intermédiaire (8 <sup>5/8</sup>" ) jusqu'en surface et celle du cuvelage suivant (5 <sup>1/2</sup>" ) jusqu'au-dessus du sabot du cuvelage 8 <sup>5/8</sup>" pour garantir l'isolation des aquifères traversés.*

Les puits seront déviés; le déport entre le point d'entrée et le réservoir sera compris entre 300 et 1500 mètres suivant les cibles en profondeur à atteindre dans le gisement.

A titre d'exemple, une coupe de puits type et un profil de déviation type des puits forés sur la concession de Vert-Le-Grand sont fournis sur les figures suivantes.

**□ Programme de forage détaillé :**

Au moins 1 mois avant le début des travaux, toutes les informations détaillées pour chaque forage feront l'objet d'un « programme de forage » qui sera communiqué à la DRIEE Ile-de-France ainsi qu'aux services concernés : ce programme sera établi conformément au Titre Forage du Règlement Général des Industries Extractives (RGIE).

Durant la réalisation du forage, des essais d'étanchéité conformes à la circulaire du 22 mars 2000 (application du décret n°2000-278 du 22 mars 2000) relatif aux cuvelages et aux puits (article 26) seront réalisés en fin de cimentation et avant la reprise du forage au moyen de tests de pression tel que décrit dans le texte référencé ci-dessus.

Conformément aux dispositions prévues, les diagrammes de tests seront tenus à la disposition de la DRIEE Ile-de-France (art. 9 de l'arrêté du 22 mars 2000 relatif aux cuvelages des sondages et des puits).

Enfin, **une mesure de la qualité de la cimentation (CBL) sera effectuée pour tous les tubages cimentés.**

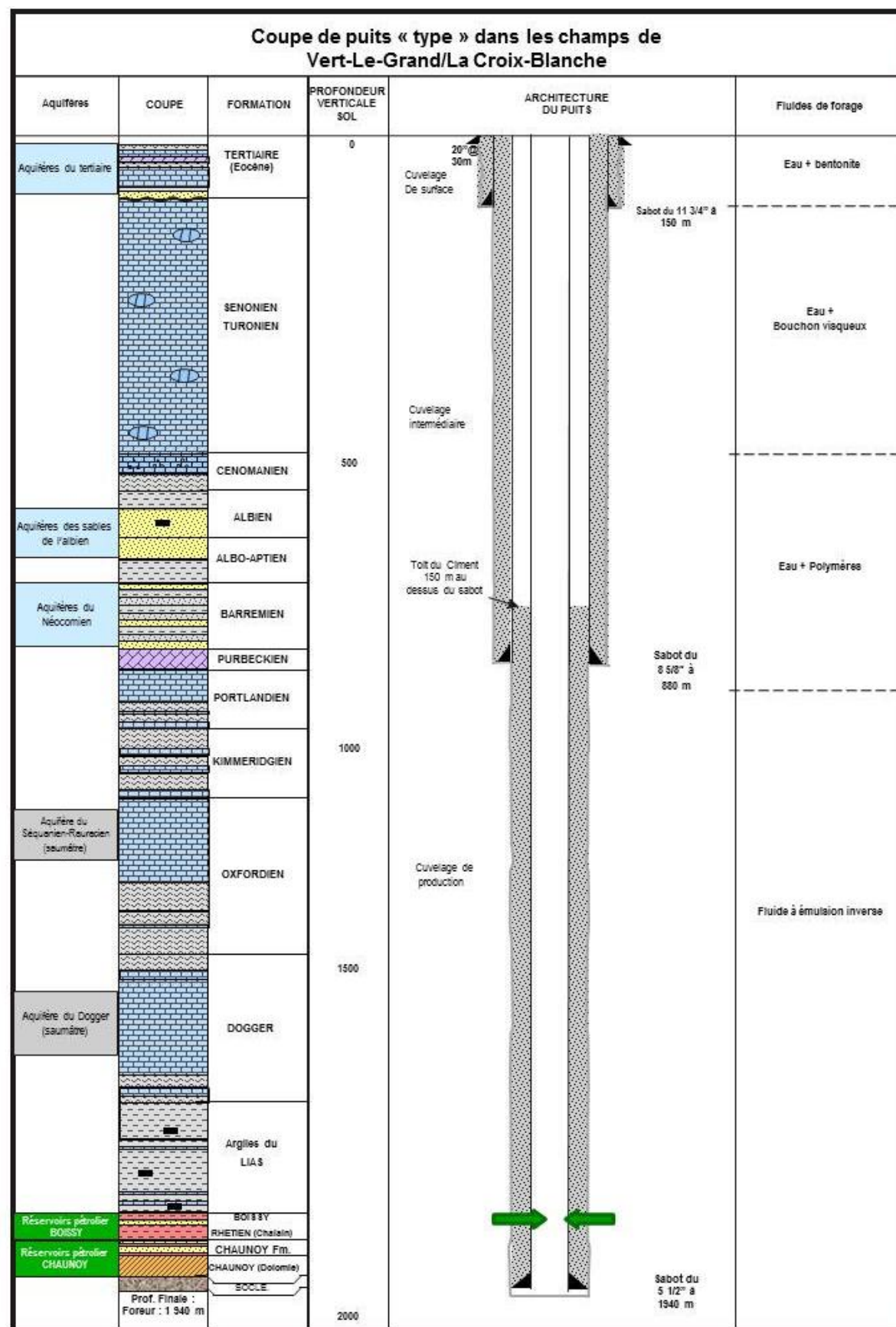


Figure 20 : Coupe de puits type

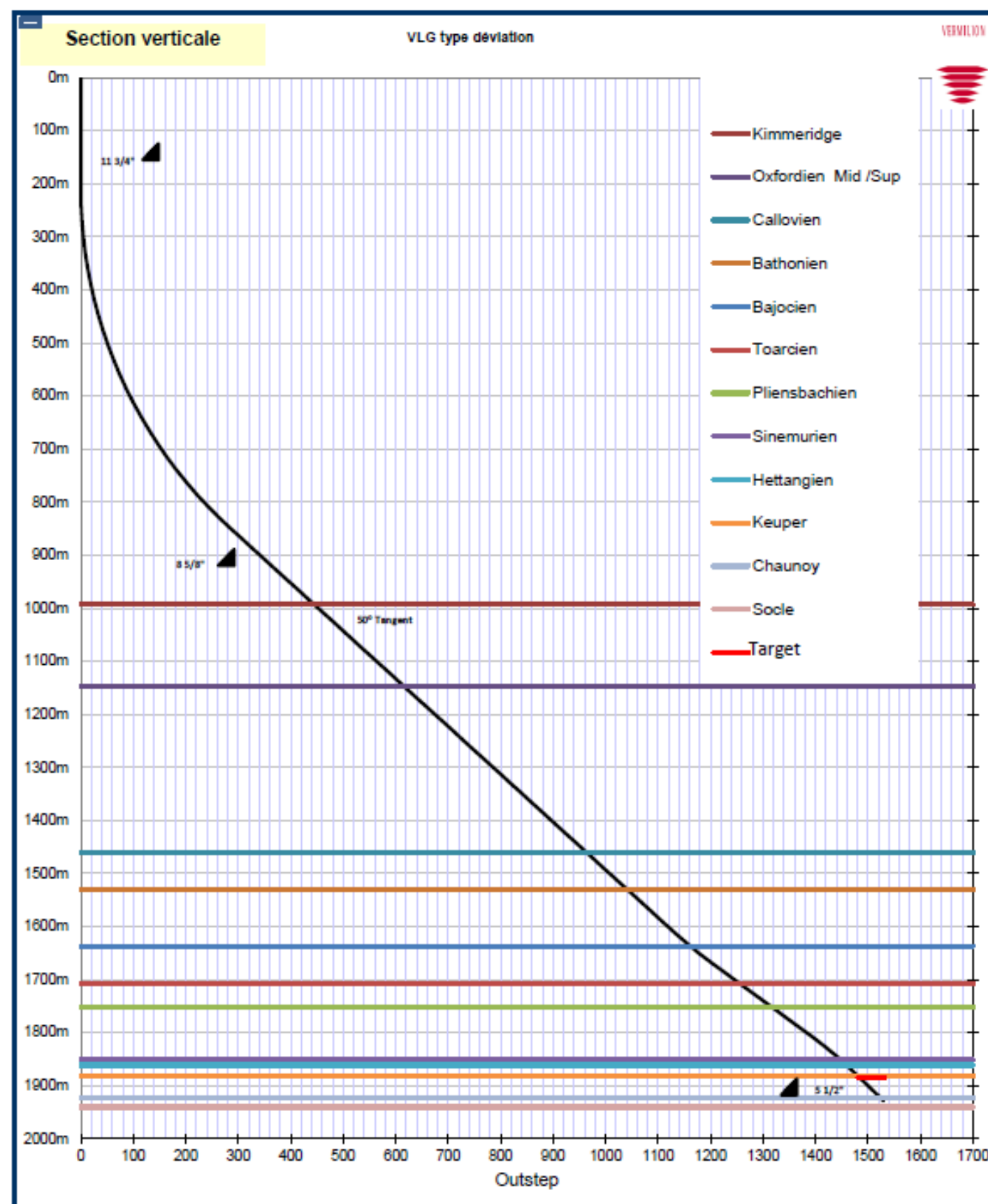


Figure 21 : Profil de déviation type

### **5.2.3. Les fluides de forages**

Le fluide de forage utilisé a de nombreuses fonctions et sert notamment à :

- nettoyer la zone autour de l'outil de forage et transporter les déblais (roche broyée) vers la surface,
- maintenir les déblais en suspension,
- maintenir les fluides dans les formations traversées en équilibrant leur pression grâce à sa densité qui est une propriété de la boue très importante, donc très contrôlée,
- tenir les parois du puits,
- lubrifier l'outil de forage et le train de tige,
- refroidir l'outil de forage.

Les fluides de forages qui peuvent être utilisés durant le chantier sont :

- **les fluides de forage à base d'eau mélangées à des argiles (bentonite)**, ils sont constituées par les produits suivants (en solution ou en suspension dans l'eau) :
  - les déblais provenant des formations traversées,
  - la bentonite (tenue des parois, remontée des sédiments ; 15 à 40 kg/m<sup>3</sup> d'eau),
  - les polymères (dispersant, amélioration de la viscosité ; 1 à 3 kg/m<sup>3</sup> d'eau),
  - la soude (augmente le pH et la qualité des argiles ; pH = 9.5 à 10),
  - le carbonate de calcium (alourdissant),
  - éventuellement, des colmatants de type coquille de noix ou confettis de cellophane (limitent les pertes de fluides dans les zones poreuses),
- **les fluides à émulsion inverse**, constitués par les produits suivants (en solution ou en suspension dans l'eau) :
  - composition : 70 à 75 %, phase aqueuse : 25 à 30 %,
  - chlorure de calcium (augmente la densité du fluide ; 65 à 70 kg/m<sup>3</sup> d'eau),
  - carbonate de calcium (alourdissant ; 5 kg/m<sup>3</sup> d'eau),
  - bentonite (tenue des parois, remontée des sédiments ; 10 kg/m<sup>3</sup>),
  - lignite (fluidifiant ; 15 kg/m<sup>3</sup>),
  - émulsifiant (stabilise l'émulsion ; 10 kg/m<sup>3</sup>).

### **5.2.4. L'alimentation du chantier en eau**

Les besoins en eau sont au maximum de 3 000 m<sup>3</sup> pour la réalisation d'un forage. Ainsi, la réalisation de 2 forages par an nécessitera un besoin en eau de **6 000 m<sup>3</sup> au maximum par an le temps du programme de développement.**

L'alimentation en eau industrielle du chantier sera assurée, par ordre de priorité :

- soit par un puits existant à proximité des installations,
- soit par le réseau d'adduction en eau potable,
- soit à partir d'un nouveau puits source à créer.

Les prélèvements feront l'objet d'un suivi régulier au moyen de compteur volumétrique.

*Remarque : dans le cas où un nouveau puits source serait créé, celui-ci fera l'objet d'une déclaration complémentaire par analogie aux articles L. 214-1 à L. 214-3 du Code de l'environnement.*

## 5.3. Installations de mise en exploitation des nouveaux puits

### 5.3.1. Opérations de complétion

Après les opérations de forage, les **opérations de complétion** du puits sont engagées afin de mettre celui-ci en production. Elles consistent à réaliser :

- des perforations du casing<sup>1</sup> grâce à des charges explosives (cordon détonnant) pour établir la liaison entre le puits et le réservoir pétrolier ;
- parfois des stimulations de la formation à l'acide permettant un nettoyage du puits et des zones productrices ;
- des poses de bouchons de ciment afin d'isoler les zones poreuses ;
- la pose de bouchons mécaniques ;
- des enregistrements « en puits tubé » permettant de suivre les opérations.

### 5.3.2. Systèmes de pompage

Les caractéristiques des pompes qui seront installées pour les nouveaux forages ne sont pas encore déterminées. Elles dépendront des résultats de ces forages et des débits qui seront rencontrés.

Les différents systèmes de pompage sont décrits dans la *Pièce Jointe n°4 - « Méthodes d'exploitation envisagées »*.

### 5.3.3. Installations de production

En phase de production, les installations présentes sur l'emplacement seront les suivantes :

- une clôture de sécurité autour des têtes de puits, et une clôture de délimitation de la propriété autour de l'emplacement,
- un local électrique,
- un système de sécurité sur les puits (télésurveillance) transmettant les informations sur le fonctionnement du puits vers le dépôt gardienné (24h/24 et 7j/7) de Vert-Le-Grand Centre (arrêt du puits, déclenchement d'une alarme...).

### 5.3.4. Raccordement aux réseaux de collectes existants

Les nouveaux puits seront forés depuis des plates-formes existantes, raccordées aux réseaux de collectes existants de la concession de Vert-Le-Grand (cf. *Pièce jointe n°4 « Méthodes d'exploitation envisagées »*).

Ces travaux comprennent pour l'essentiel, des travaux de tuyauterie et de génie civil.

---

<sup>1</sup> Casing : cuvelage cimenté

## VI. COÛTS PREVISIONNELS DES TRAVAUX ET PLANNING PREVISIONNEL

### 6.1. Coûts estimatifs

Les coûts d'investissement estimés pour le développement du gisement par la réalisation de forages sur les plates-formes VLG 4 et VLG Centre sont les suivants :

- 700 000 € pour l'extension de la plate-forme VLG Centre,
- 400 000 € pour l'aménagement de chaque forage sur les plates-formes,
- 3 000 000 € pour la réalisation de chaque forage,
- 400 000 € pour la mise en production de chaque puits,
- 250 000 € pour le raccordement du puits au réseau de collecte existant,

soit un coût global des travaux estimés à environ **41,2 M€**.

### 6.2. Planning prévisionnel

La société Vermilion prévoit la réalisation des premiers forages **à partir de 2015**. De manière générale, **il sera prévu une campagne de 2 forages en moyenne par an**. Ce planning est susceptible d'évoluer car il dépendra des résultats obtenus au fur et à mesure du développement, mais également des conditions économiques actuelles.

A court terme, il est prévu d'effectuer les deux premiers forages sur VLG 4 dans l'année qui suit la délivrance de l'autorisation de travaux (prévisions fin 2015 – début 2017).

Les huit forages restants sont planifiés selon deux scénarii :

- à moyen terme, de 2017 à 2019, jusqu'à la demande de renouvellement des concessions de Vert-Le-Grand/La Croix-Blanche ;
- à long terme, après 2019, sous réserve de l'obtention du renouvellement des deux concessions.