



Réserve biologique dirigée de la Cailleuse – Synthèse des données hydrogéologiques existantes

Rapport final

BRGM/RP-61724-FR

Février 2013



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Réserve biologique dirigée de la Cailleuse – Synthèse des données hydrogéologiques existantes

Rapport final

BRGM/RP 61724-FR

Février 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets
d'Appui aux Politiques Publiques du BRGM

A. Neveux

Avec la collaboration de

A. Bel

Vérificateur :

Nom : J.J. Seguin

Date : 11/02/2013

Signature :



Approbateur :

Nom : L. Closset

Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : Synthèse hydrogéologique – Réserve biologique dirigée La Cailleuse - Forêt de Montmorency – Ile-de-France

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Neveux A., Bel A. (2013) – Réserve biologique dirigée la Cailleuse – Synthèse des données hydrogéologiques existantes. Rapport final, BRGM/RP-61724-FR, 48 p., 27 ill.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La forêt domaniale de Montmorency, située à 20 km au nord de Paris, contient la réserve biologique classée, également ZNIEFF de type 1, de la Cailleuse, d'une superficie d'environ 100 hectares.

Des suivis floristiques réalisés par l'ONF ont mis en évidence un assèchement de la tourbière de la Cailleuse, identifié depuis une trentaine d'années.

Les données recueillies sur le contexte hydrogéologique de la réserve de la Cailleuse mettent en évidence les points suivants :

- Des carrières de gypse sont exploitées dans le sous-sol de la forêt de Montmorency. **Des perturbations géologiques ont été engendrées par les affaissements dirigés réalisés dans les années 1990 par les exploitants de ces carrières de gypse. Cela a ponctuellement créé des fontis, qui ont mis en communication les formations des Masses et Marnes du gypse (dans lesquelles l'exploitation des carrières a lieu) et les Marnes supragypseuses.** Au vu des successions géologiques marneuses et argileuses au-dessus des Marnes supragypseuses et du caractère plastique de ces couches, il semblerait que ces horizons marneux/argileux se soient déformés mais ne se soient pas fracturés. **La couche des Sables de Fontainebleau sus-jacente ne devrait par conséquent pas avoir dû subir de modifications. Cependant, il ne semble pas exister d'étude géologique précise permettant de valider ces hypothèses.**
- **La nappe superficielle se situe dans les Sables de Fontainebleau. Les informations recueillies, bien que présentant des incertitudes, permettent d'identifier une baisse globale des niveaux d'eau dans cette nappe. Aucune perturbation hydrogéologique locale liée à des prélèvements d'eau n'a été identifiée.** Dans une étude réalisée en 1992 par le BRGM, il est noté que, sur la base d'une modélisation, les affaissements dirigés ont des impacts ponctuels sur l'écoulement dans les Sables de Fontainebleau. Cependant, il ne semble pas exister d'étude récente permettant de valider ces conclusions.
- **Les données de Météo France permettent d'identifier une baisse globale des pluies efficaces depuis 2002, par rapport aux années 1996-2001, bien que les précipitations ne présentent pas de baisse aussi notable.** Cette différence pourrait s'expliquer par une évolution de la répartition des précipitations annuelles : ces dernières sont vraisemblablement moins importantes en périodes de recharge de la nappe (période hivernale), lorsque l'évapotranspiration est faible, et plus importantes en périodes estivales, lorsqu'elles sont moins efficaces. **Par ailleurs, il semblerait que la forêt de Montmorency bénéficie d'un microclimat** (carte de moyenne pluviométrique de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie sur la période 1971-2000).
- D'une manière générale, **la baisse des niveaux d'eau dans les nappes d'eau souterraine et la baisse de la pluie efficace sont observées sur le bassin Seine-Normandie depuis 2002.** Les constats observés sur la forêt de Montmorency ne semblent donc pas incohérents avec les constatations à l'échelle du bassin. Ainsi, **la baisse des niveaux d'eau dans les Sables de Fontainebleau est liée à la baisse des pluies efficaces, mais il n'est pas possible de déterminer en quelle proportion. Sur la base des informations recueillies, il n'existe pas d'éléments permettant d'écartier une contribution liée à la présence de fontis.**

Afin de comprendre les origines de l'assèchement de la réserve de la Cailleuse, il convient donc d'établir la contribution de chacun des apports en eau sur cette réserve (eau de ruissellement et eau souterraine principalement, et ruisseau dans une moindre mesure).

Pour cela, **les études qu'il serait souhaitable de réaliser sont** les suivantes :

- **Suivi de la zone humide :**
 - **Suivi des niveaux d'eau de la nappe des Sables de Fontainebleau**
 - **Suivi climatique de la forêt de Montmorency**
 - **Suivi du débit du ruisseau** synchronisé avec les suivis piézométriques et climatiques
- **Etude du stade dynamique de la tourbière avec mesures physico-chimiques**
- **Analyses isotopiques**
- **Etude sur le ruissellement des eaux de pluie**
- En cas de suspicion d'implication des fontis dans le phénomène d'assèchement de la zone humide, il peut alors être envisagé de réaliser **une campagne géophysique.**

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1. Introduction | 7 |
| 2. Définition du secteur d'étude..... | 9 |
| 2.1. LA FORET DE MONTMORENCY | 9 |
| 2.2. LA RESERVE BIOLOGIQUE DIRIGEE DE LA CAILLEUSE..... | 9 |
| 2.3. TOPOGRAPHIE | 10 |
| 2.4. HYDROLOGIE..... | 11 |
| 3. Contexte géologique..... | 13 |
| 3.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE BIBLIOGRAPHIQUE..... | 13 |
| 3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL | 15 |
| 3.3. PERTURBATIONS GEOLOGIQUES EVENTUELLES : EXPLOITATION DE CARRIERES DE GYPSE | 17 |
| 3.3.1. Informations issues des groupes Siniat et Placo..... | 17 |
| 3.3.2. Informations issues de l'état des lieux réalisé en 1998 par l'ONF..... | 19 |
| 3.4. SYNTHESE | 22 |
| 4. Contexte hydrogéologique..... | 23 |
| 4.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE BIBLIOGRAPHIQUE..... | 23 |
| 4.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE LOCAL | 23 |
| 4.3. INTERFERENCES HYDROGEOLOGIQUES EVENTUELLES | 27 |
| 4.3.1. Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) | 27 |
| 4.3.2. Agence Régionale de Santé (ARS)..... | 28 |
| 4.3.3. Banque du sous-sol (BSS) | 29 |
| 4.3.4. Informations issues des groupes Siniat et Placo..... | 31 |
| 4.3.5. Informations issues de l'étude d'impact réalisée en 1992 par le BRGM .. | 31 |
| 4.4. SYNTHESE | 31 |
| 5. Données climatiques Meteo France | 33 |
| 5.1. PRECIPITATIONS..... | 34 |
| 5.2. PLUIES EFFICACES..... | 34 |
| 5.3. SYNTHESE | 35 |
| 6. Visite de terrain | 37 |
| 7. Conclusions et recommandations..... | 39 |
| 7.1. CONCLUSIONS | 39 |
| 7.2. RECOMMANDATIONS | 40 |
| 8. Bibliographie | 43 |

Liste des illustrations

| | |
|---|----|
| Illustration 1 – Localisation du secteur d'étude (carte IGN 2313O au 1 :25 000 et données SIG de l'ONF)..... | 10 |
| Illustration 2 – Topographie de la forêt de Montmorency (BD Alti IGN : MNT (Modèle Numérique de Terrain) au pas de 50 m) | 11 |
| Illustration 3 – Hydrologie du secteur d'étude (données SIG de l'ONF) | 12 |
| Illustration 4 – Hydrologie de la forêt de Montmorency (BD Cathage IGN et Agences de l'Eau : Cours d'eau)..... | 12 |
| Illustration 5 – Géologie du secteur d'étude (carte harmonisée BRGM au 1 :50 000)..... | 14 |
| Illustration 6 – Coupe géologique du secteur d'étude (rapport « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency »,Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF – décembre 1998)..... | 14 |
| Illustration 7 – Localisation des points BSS avec log géologique proches de la zone d'étude (Infoterre) | 15 |
| Illustration 8 – Log géologique du sondage 01536X0061/CT0050 (Infoterre) | 16 |
| Illustration 9 – Log géologique du sondage 01535X0089/S2 (Infoterre)..... | 17 |
| Illustration 10 – Localisation des emprises d'exploitation des carrières de gypse | 18 |
| Illustration 11 – Localisation des informations recueillies auprès de Siniat et Placo | 19 |
| Illustration 12 – Activité des carrières de gypse en 1998 (rapport « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency »,Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF – décembre 1998)..... | 20 |
| Illustration 13 – Ancienne carrière de gypse Siniat en 1998 (rapport « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency »,Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF – décembre 1998)..... | 21 |
| Illustration 14 – Localisation des piézomètres Siniat (données ONF)..... | 24 |
| Illustration 15 – Relevés des niveaux d'eau des piézomètres Siniat (données ONF) | 25 |
| Illustration 16 – Evolution des niveaux d'eau des 7 piézomètres Siniat..... | 26 |
| Illustration 17 – Evolution des niveaux d'eau des piézomètres n°27 et 28 | 27 |
| Illustration 18 – Localisation des puits AEP en service dans le voisinage du secteur d'étude ... | 28 |
| Illustration 19 – Localisation des puits AEP en service dans le voisinage du secteur d'étude ... | 29 |
| Illustration 20 – Localisation des points identifiés en BSS | 30 |
| Illustration 21 – Localisation des stations Meteo France..... | 33 |
| Illustration 22 – Graphique des précipitations à la station Villiers Adam par année hydrologéologique (1996-2012)..... | 34 |
| Illustration 23 – Graphique des pluies efficaces à la station Villiers Adam par année hydrogéologique (2002-2012) NB : l'année 2000-2001 n'est pas complète, il manque les mois d'avril, mai et juin 2001 | 35 |
| Illustration 24 – Piézomètre n°15 (photographie BRGM) | 37 |
| Illustration 25 – Zone principe de la RDB La Cailleuse (photographie BRGM)..... | 37 |
| Illustration 26 – Ruisseau La Cailleuse (photographie BRGM)..... | 38 |
| Illustration 27 – Informations recueillies lors de la visite de terrain en juillet 2012..... | 38 |

1. Introduction

La forêt domaniale de Montmorency, située à 20 km au nord de Paris, contient deux réserves biologiques classées, également ZNIEFF de type 1 : les tourbières de la Cailleuse et du Nid d'Aigle. Ces réserves biologiques ont une surface totale de 176 hectares (environ 100 hectares pour la réserve de la Cailleuse et 76 hectares pour la réserve du Nid d'Aigle).

Les tourbières sont des zones humides fragiles.

La tourbe contient naturellement in situ entre 80 et 95 % d'eau, le reste étant constitué de matières organiques et de substances minérales.

L'accumulation de matière organique, rendue possible grâce à un milieu réducteur en condition anaérobie, conduira à la tourbe, après une diagénèse modérée, biochimique et mécanique. Cette accumulation est conditionnée par la permanence de deux bilans excédentaires: celui de la matière végétale produite sur place qui doit l'emporter sur la décomposition et celui de l'eau, le sol, malgré l'évapotranspiration, devant rester engorgé. (F. Barthélémy, 1999)

La typologie des tourbières permet de montrer leur diversité en fonction de leurs conditions de mises en place, leur niveau trophique, leur composition botanique et leur fonctionnement hydrologique. On distingue ainsi les bas marais alimentés essentiellement par une nappe phréatique et les hauts marais qui dépendent essentiellement de l'eau atmosphérique pour leur alimentation hydrique. Les premiers sont souvent alcalins, les seconds toujours acides. La dynamique d'une tourbière s'apprécie dans le temps, elle se manifeste notamment par une fermeture du milieu. Sous nos climats, elle se marque par 3 stades réalisés ou non suivant les sites et les régions :

- stade minétrophique ou géotrophique avec une végétation de bas marais acide ou basique ;
- stade ombotrophique avec une végétation de haut marais toujours acide, caractérisé par certaines espèces de sphaignes et des éricacés (bruyères) ;
- stade minéralisé terminal de la tourbière sénéscente, l'assèchement des couches superficielles autorisant la colonisation par des arbrisseaux. (F. Barthélémy, J.M. Hervio, 2000).

L'assèchement de la tourbière pourra être d'origine naturelle ou anthropique ; il marquera l'arrêt des processus de tourbification. Cette minéralisation finale n'est cependant pas irréversible, des successions secondaires peuvent être réinitialisées à partir de stades dégradés. (F. Barthélémy, 1999).

Des suivis floristiques réalisés par l'ONF ont mis en évidence un assèchement de la tourbière de la Cailleuse, identifié depuis une trentaine d'années.

Afin de conserver cette réserve biologique, l'ONF a pour objectif prioritaire de restaurer son état hydrique. Ainsi, le contexte hydrogéologique de la tourbière doit être étudié, afin de comprendre la dynamique de l'hydrosystème et éventuellement d'identifier les mesures à mettre en œuvre pour préserver la tourbière.

Ce rapport présente la synthèse des données recueillies sur le contexte hydrogéologique de la zone d'étude. Des préconisations concernant l'évaluation des études complémentaires nécessaires à la compréhension des phénomènes produisant l'assèchement des tourbières, cette compréhension étant le besoin principal exprimé par l'ONF.

2. Définition du secteur d'étude

2.1. LA FORET DE MONTMORENCY

La forêt domaniale de Montmorency se situe à 20 km au nord de Paris, dans le département du Val d'Oise (95). Propriété de l'Etat, l'ONF est en charge de sa gestion.

La forêt de Montmorency s'étend sur une surface de 2 000 ha environ, regroupant 13 communes (Béthemont-la-Forêt, Taverny, Saint-Leu-la-Forêt, Chauvry, Saint-Prix, Andilly, Bessancourt, Domont, Montlignon, Montmorency, Piscop, Saint-Brice-sous-Forêt et Bouffémont).

2.2. LA RESERVE BIOLOGIQUE DIRIGEE DE LA CAILLEUSE

La forêt de Montmorency comporte deux réserves biologiques dirigées (RBD) en partie centrale, la RBD la Cailleuse et la RBD du Nid d'Aigle, qui sont deux zones humides tourbeuses. L'objectif principal d'une RDB est d'assurer la conservation d'habitats naturels ou d'espèces remarquables.

L'étude présentée dans ce rapport porte sur la RDB La Cailleuse. La zone étudiée s'étend sur une surface de 100 ha environ, en partie centrale à l'ouest de la forêt de Montmorency.

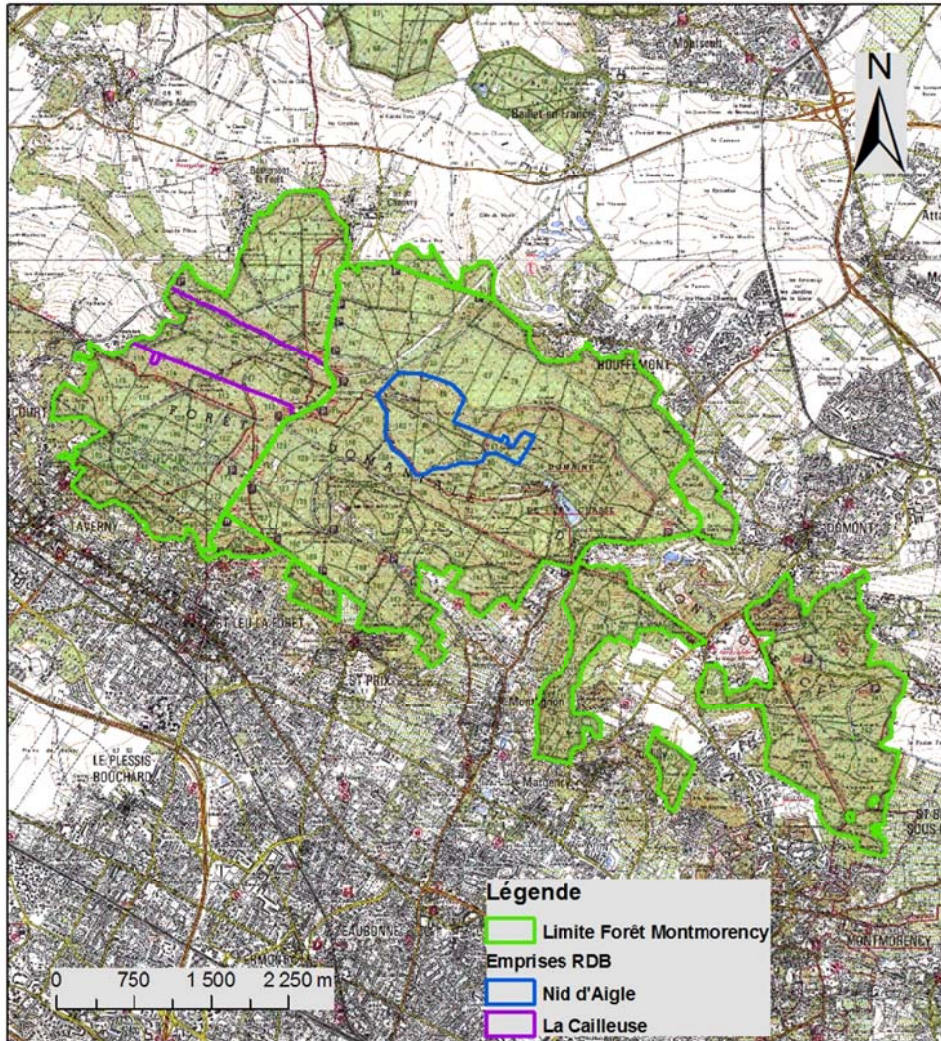


Illustration 1 – Localisation du secteur d'étude (carte IGN 23130 au 1 :25 000 et données SIG de l'ONF)

2.3. TOPOGRAPHIE

La forêt de Montmorency est composée de trois collines (« buttes témoins ») de sables de Fontainebleau), l'une au nord, l'une à l'est et la dernière au sud, et d'une vallée en partie centrale. L'altitude maximale des collines est de 189 m NGF, et la vallée est à une altitude moyenne de 130 m NGF.

La RDB la Cailleuse est présente dans la vallée à l'ouest de la forêt de Montmorency, surplombée par les deux collines nord et sud de la forêt. Son altitude, de 160 m NGF environ en bordure est, baisse progressivement jusqu'à environ 120 m NGF en bordure ouest.

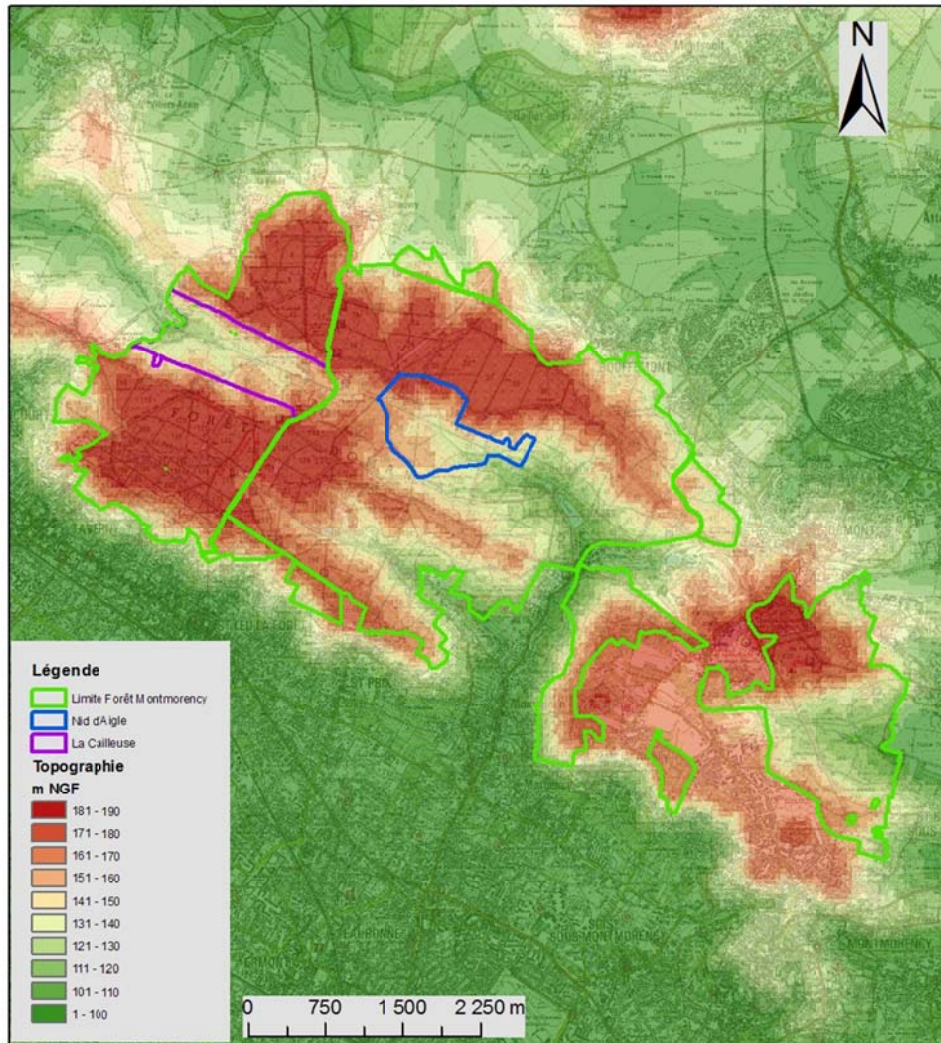


Illustration 2 – Topographie de la forêt de Montmorency (BD Alti IGN : MNT (Modèle Numérique de Terrain) au pas de 50 m)

2.4. HYDROLOGIE

Deux ruisseaux sont présents au fond de la vallée à l'est de la forêt de Montmorency :

- Le ruisseau de la Cailleuse, et
- Le ruisseau des Fonds.

Ils s'écoulent selon la pente topographique, d'est en ouest.

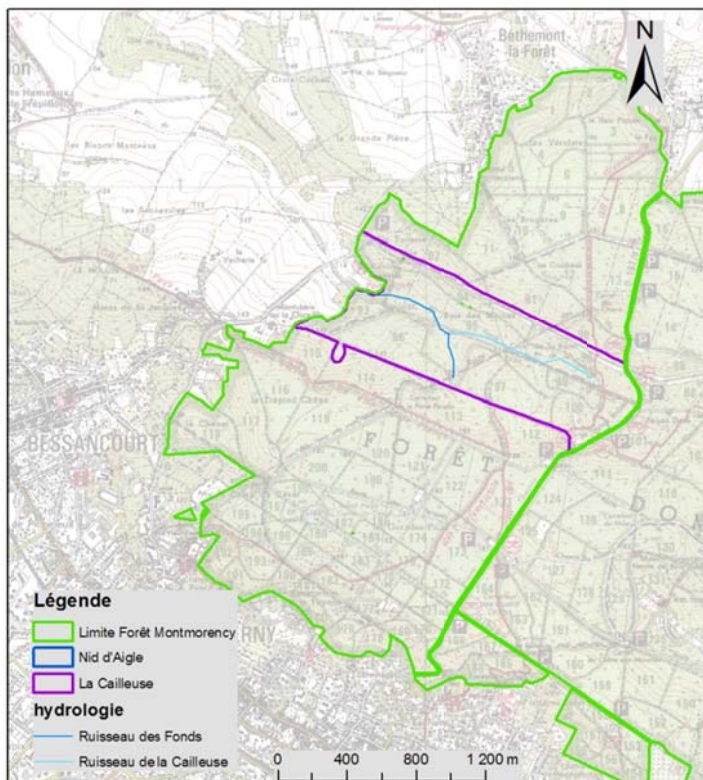


Illustration 3 – Hydrologie du secteur d'étude (données SIG de l'ONF)

Il n'existe pas d'autre cours d'eau alimentant le secteur d'étude.

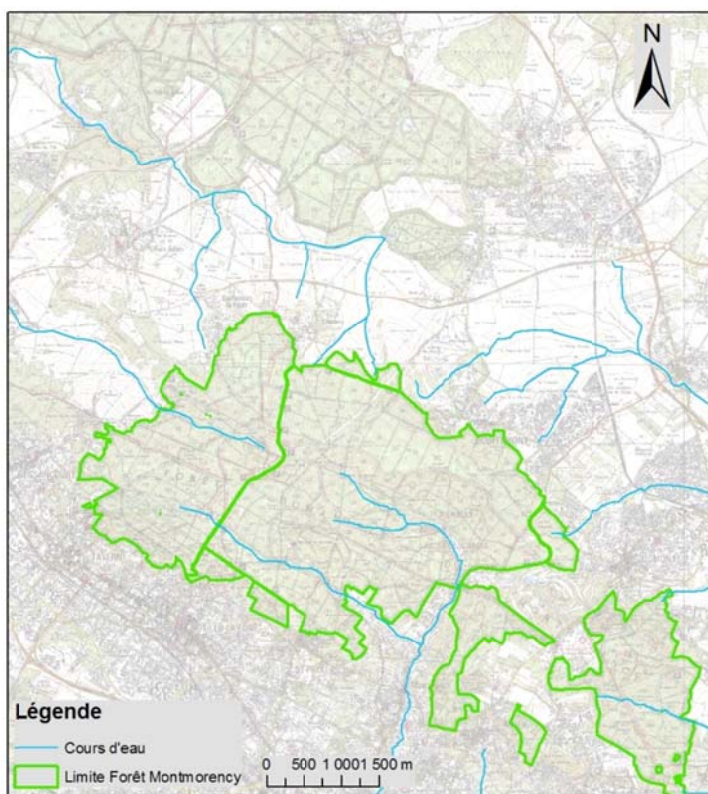


Illustration 4 – Hydrologie de la forêt de Montmorency (BD Cathage IGN et Agences de l'Eau : Cours d'eau)

3. Contexte géologique

3.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE BIBLIOGRAPHIQUE

Les premières formations géologiques rencontrées sur le secteur d'études sont les suivantes (de la plus superficielle à la plus profonde), d'après la carte géologique du BRGM n° 153 (l'Isle Adam), la carte géologique harmonisée du BRGM au 1 :50 000, et la synthèse géologique du Bassin de Paris :

- **Les formations du Tertiaire Supérieur (Oligocène) :**
 - **Meulières de Montmorency**: c'est la formation superficielle des buttes témoins, constituée de calcaire silicifié. Elle est rencontrée à partir de 180 m NGF environ. Elle est généralement altérée en argile à meulières.
 - **Sables de Fontainebleau** : ce sont des sables fins, quartzeux, blancs et purs. Cette formation est présente jusqu'à 135 m NGF environ.
 - **Marnes à huîtres** : d'épaisseur peu importante (5 m maximum), ce sont des marnes et des calcaires grossiers. Ils forment la base imperméable des Sables de Fontainebleau.
 - **Calcaires de Sannois** : d'épaisseur également moindre (5 m maximum), il est composé à la base de bancs gypseux et d'un sommet marneux et calcaire.
 - **Marnes vertes** : formation d'épaisseur limitée (10 mètres maximum), elle est composée d'argile marneuse plastique de couleur généralement verte. Cette formation est très peu perméable.
- **Les formations du Tertiaire Moyen (Eocène) :**
 - **Marnes supragypseuses** : d'une dizaine de mètres d'épaisseur, elles sont constituées d'une alternance de bancs de marnes plus ou moins argileuses, ainsi que de quelques bancs de gypses. C'est une formation peu perméable.
 - **Marnes et masses du gypse** : rencontrées à partir de 105 m NGF environ, elles sont composées de bancs massifs de gypse (jusqu'à 4 bancs) séparés par des bancs marneux.
 - **Marnes à Pholadomyes, et Sables de Monceau**
 - **Calcaires de Saint Ouen**
 - **Sables de Beauchamp**
 - **Marnes et Caillasses du Lutétien**
 - **Sables de Cuise**
 - **Sables et argiles du Sparnacien**
- **Les formations du Tertiaire Inférieur (Paléocène) :**
 - **Sables du Thanétien**
 - **Calcaires Montiens**
- **La formation crayeuse du Campanien (Crétacé)**

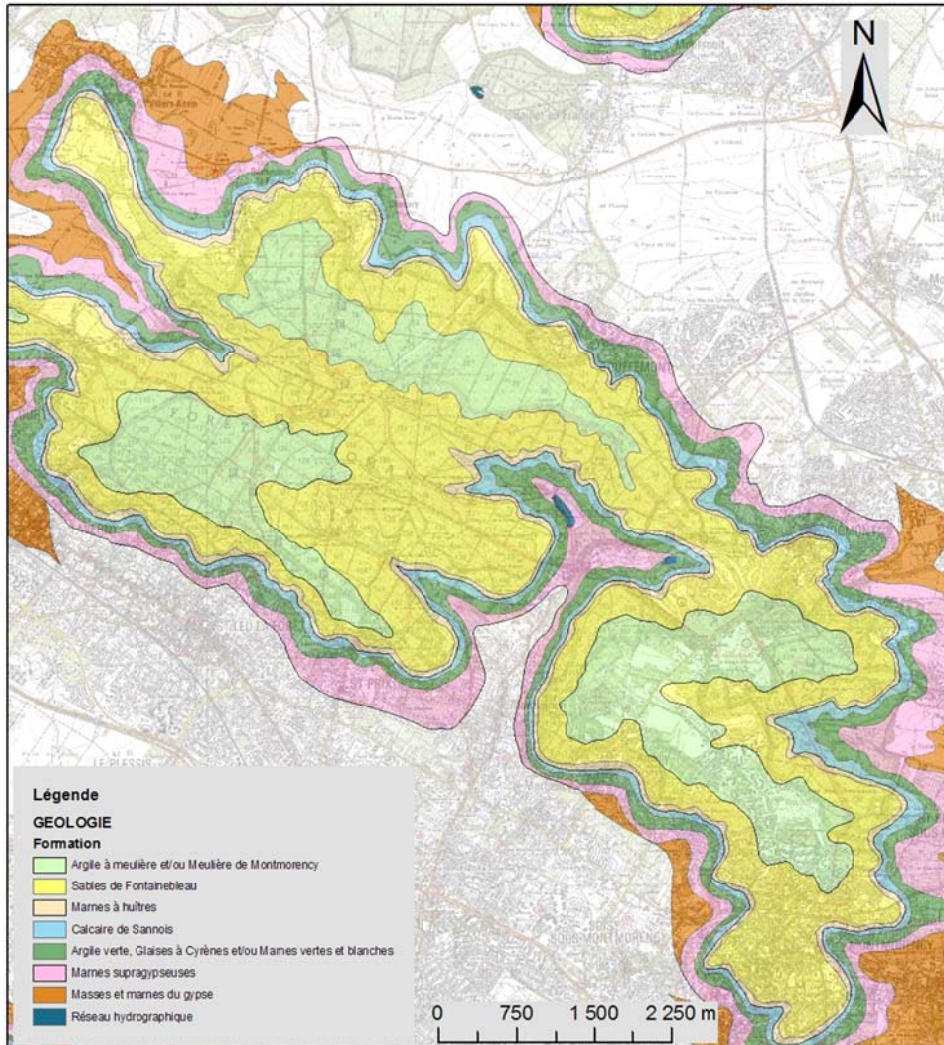


Illustration 5 – Géologie du secteur d'étude (carte harmonisée BRGM au 1 :50 000)

La forêt de Montmorency est donc formée de trois buttes témoins de Meulières et de Sables de Fontainebleau. La vallée, où se situe la RDB La Cailleuse, est constituée d'une couche peu épaisse de Sables de Fontainebleau, entaillée aux extrémités par la formation sous-jacente des Marnes à huîtres, qui constituent la base imperméable des Sables de Fontainebleau.

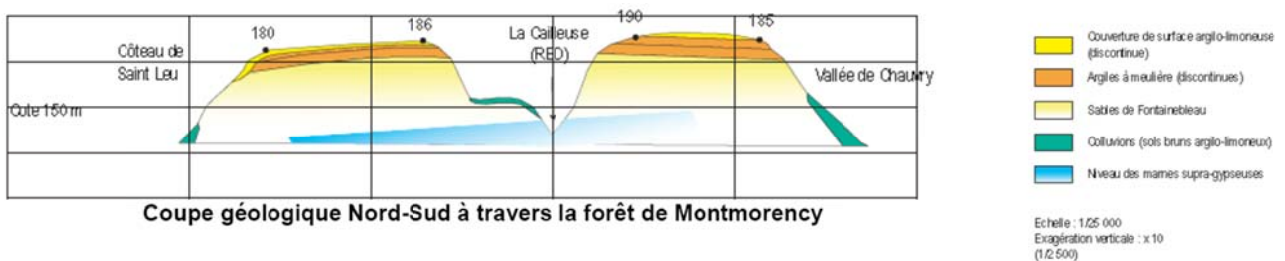


Illustration 6 – Coupe géologique du secteur d'étude (rapport « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency », Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF – décembre 1998)

3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL

La base de données Infoterre du BRGM comporte des coupes géologiques de sondages dans la forêt de Montmorency, à proximité de la zone d'étude. Ces sondages sont réalisés à des fins de recherches d'hydrocarbures (sondages BSS 01536X0061/CT0050, 01536X0388/PIF021, 01536X0399/PIF037, 01536X0389/PIF022), à des fins de recherche de gypse (01535X0089/S2) et de puits d'aération (01535X0079/P4, 01535X0080/PO).

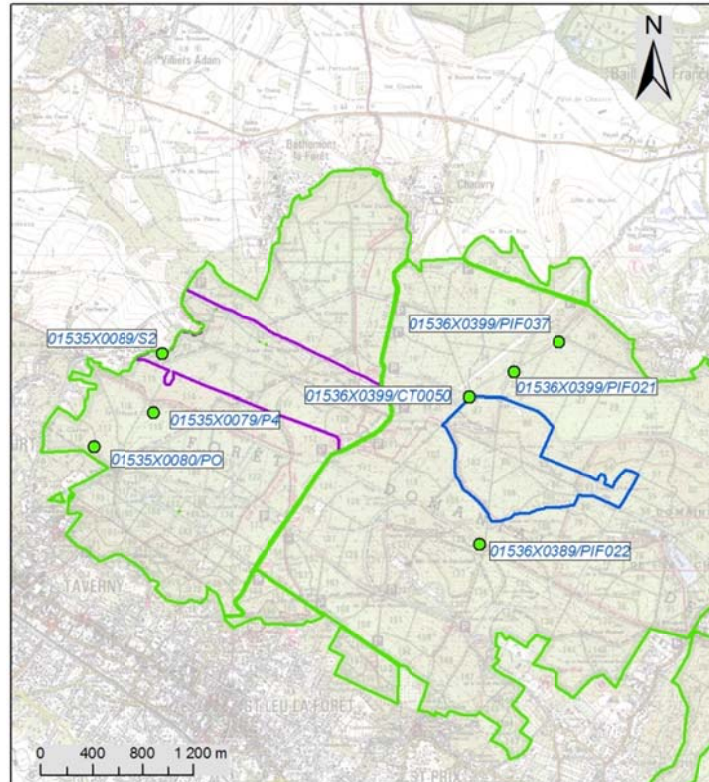


Illustration 7 – Localisation des points BSS avec log géologique proches de la zone d'étude (Infoterre)

Les sondages forés au plus haut des buttes témoins de Sables de Fontainebleau mettent en évidence la succession géologique globale suivante (illustrations 8) :

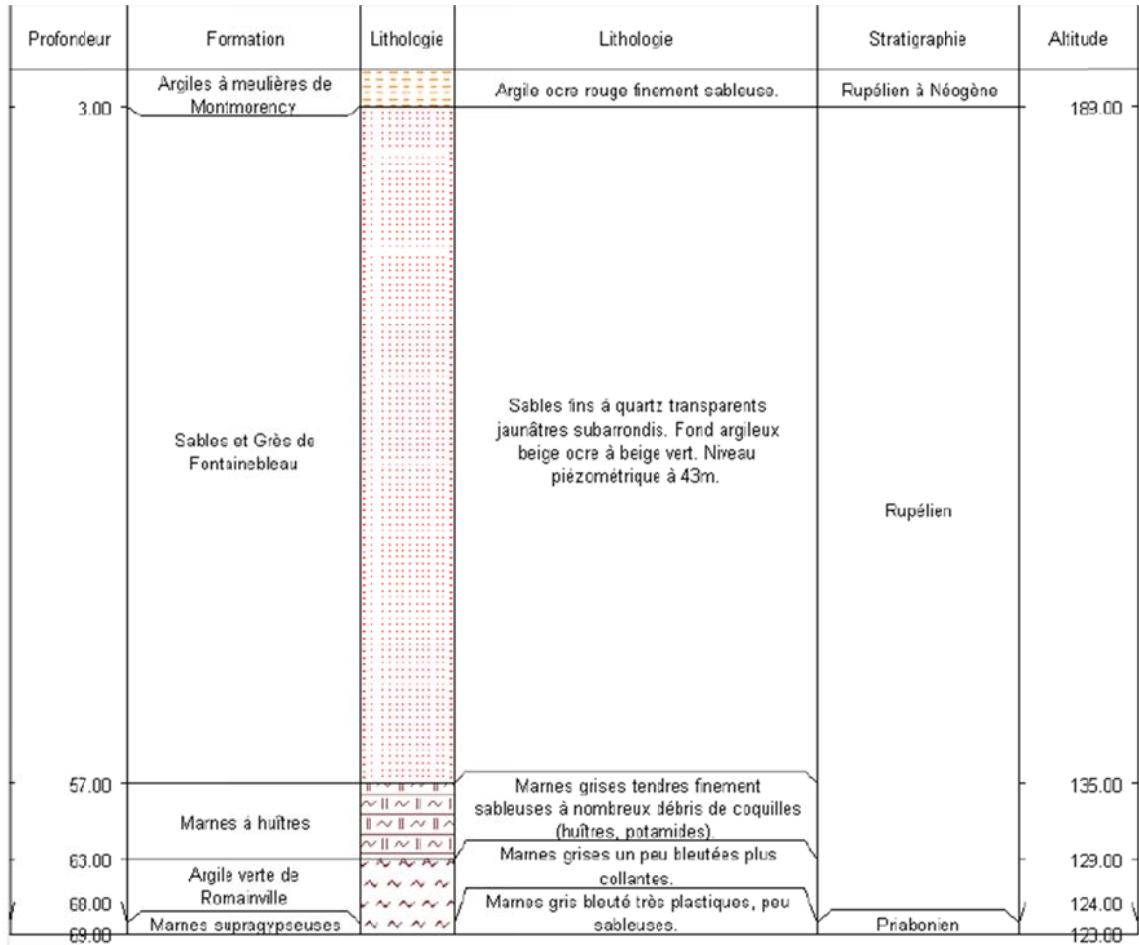


Illustration 8 – Log géologique du sondage 01536X0061/CT0050 (Infoterre)

Les sondages forés à des altitudes plus basses dans les buttes témoins permettent de mettre en évidence les formations de gypse (illustration 9):






| Profondeur | Formation | Lithologie | Lithologie | Stratigraphie | Altitude |
|------------|-----------------------------|--|--|---------------|----------|
| 2.10 | Colluvions |  | Eboulis. | Quaternaire | 128.10 |
| 5.00 | Argile verte de Romainville |  | Marnes vertes ? | Rupélien | 125.20 |
| 19.20 | Marnes supragypseuses |  | Marne (à calcaire argileux) blanchâtre à grisâtre, puis marne gris verdâtre. | Priabonien | 111.00 |
| 30.10 | Marnes d'entre-deux masses |  | Gypse. | | 100.10 |
| 40.20 | Marnes et masses du gypse |  | Marne blanchâtre à grisâtre, plus ou moins gypseuse, et niveaux de gypse. | | 02.00 |

Illustration 9 – Log géologique du sondage 01535X0089/S2 (Infoterre)

On peut noter que :

- La formation des Calcaires de Sannois n'est pas identifiée dans la forêt de Montmorency,
- Les Argiles vertes ont une épaisseur globale de 3-5 m environ,
- L'épaisseur des Marnes supragypseuses et Masse et Marnes du gypse est d'au moins 35 m.

3.3. PERTURBATIONS GEOLOGIQUES EVENTUELLES : EXPLOITATION DE CARRIERES DE GYPSE

3.3.1. Informations issues des groupes Siniat et Placo

La formation des Masses et Marnes du gypse est exploitée sous la forêt de Montmorency par la société Siniat (ex Lafarge) et la société Placo (qui a repris l'exploitation gérée par SAMC- Société Anonyme de Matériaux de Construction dans les années 1990).

Les emprises des autorisations d'exploitation ont été cartographiées d'après les informations recueillies auprès des groupes Siniat et Placo (illustration 10).

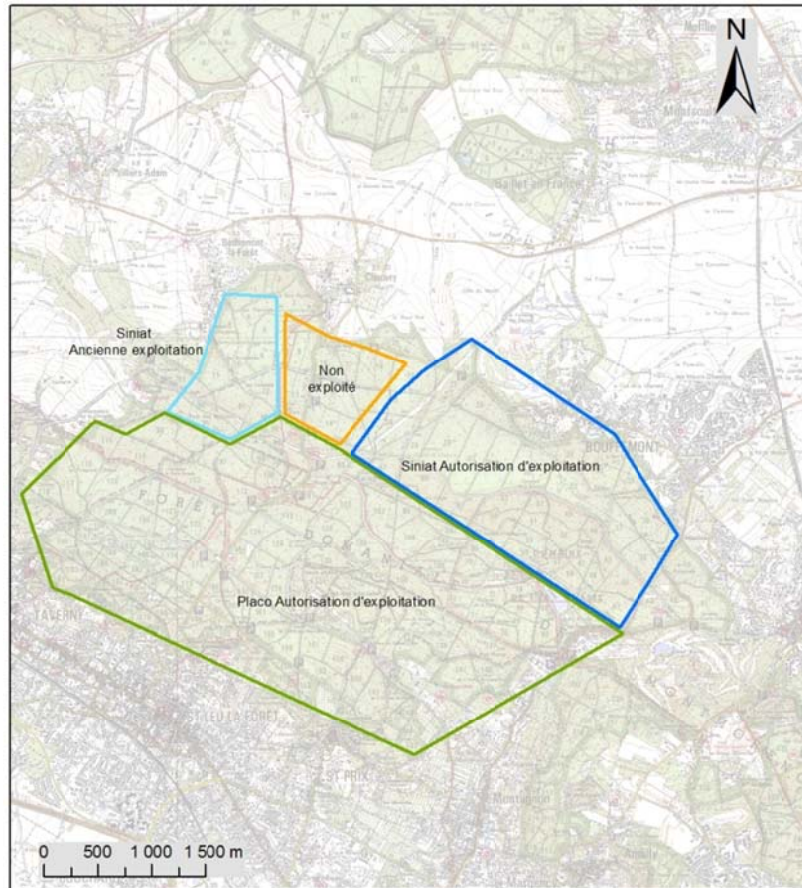


Illustration 10 – Localisation des emprises d'exploitation des carrières de gypse

Le secteur d'étude se trouve donc sur l'ancienne exploitation Siniat, dont l'activité a cessé en 1996 d'après Siniat, et sur l'exploitation de Placo.

Les informations recueillies de manière plus précise auprès des groupes Placo et Siniat sont les suivantes (reportées aussi sur l'illustration 11) :

- L'ancienne carrière Siniat a été exploitée par la technique de l'affaissement dirigé en partie est. La technique d'affaissement dirigé consiste à supprimer les vides souterrains créés par l'exploitation en supprimant les piliers de soutènement de l'exploitation. Cela constitue donc un remblaiement par les couches sus-jacentes,
- Deux zones d'affaissement des terrains sont connues de Siniat, l'une sur l'emprise de son ancienne exploitation (sur une surface de 1 500 m² environ) et l'autre sur l'emprise de l'exploitation de Placo,
- Une partie du secteur d'étude a été exploitée et remblayée sur l'emprise de l'exploitation de Placo, et une autre partie est en cours d'exploitation,
- Une zone de dissolution du gypse est identifiée sur l'emprise de l'exploitation de Placo. Cette zone de dissolution n'a pas entraîné d'affaissement de terrain en surface, indiquant le caractère plastique des terrains de surface, qui n'ont pas été fracturés mais qui se sont remis en place,
- Le gypse est exploité à une profondeur de 80-100 m NGF environ.

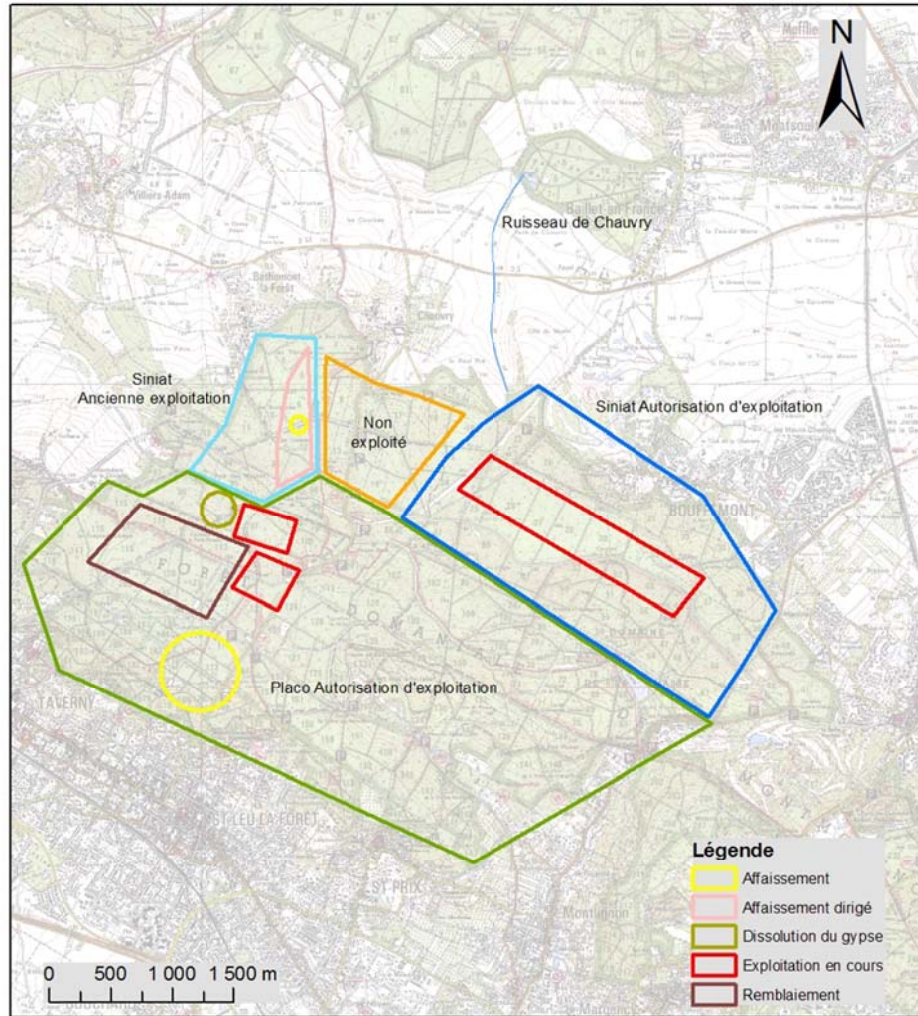


Illustration 11 – Localisation des informations recueillies auprès de Siniat et Placo

3.3.2. Informations issues de l'état des lieux réalisé en 1998 par l'ONF

L'étude liée à l'exploitation souterraine du gypse, réalisée par le bureau d'étude de Créteil de l'ONF en décembre 1998, permet d'avoir une vision de l'état des lieux en 1998. L'emprise des carrières Siniat (ex Lafarge) et Placo (ex SAMC) est reportée sur la carte de l'illustration 12.

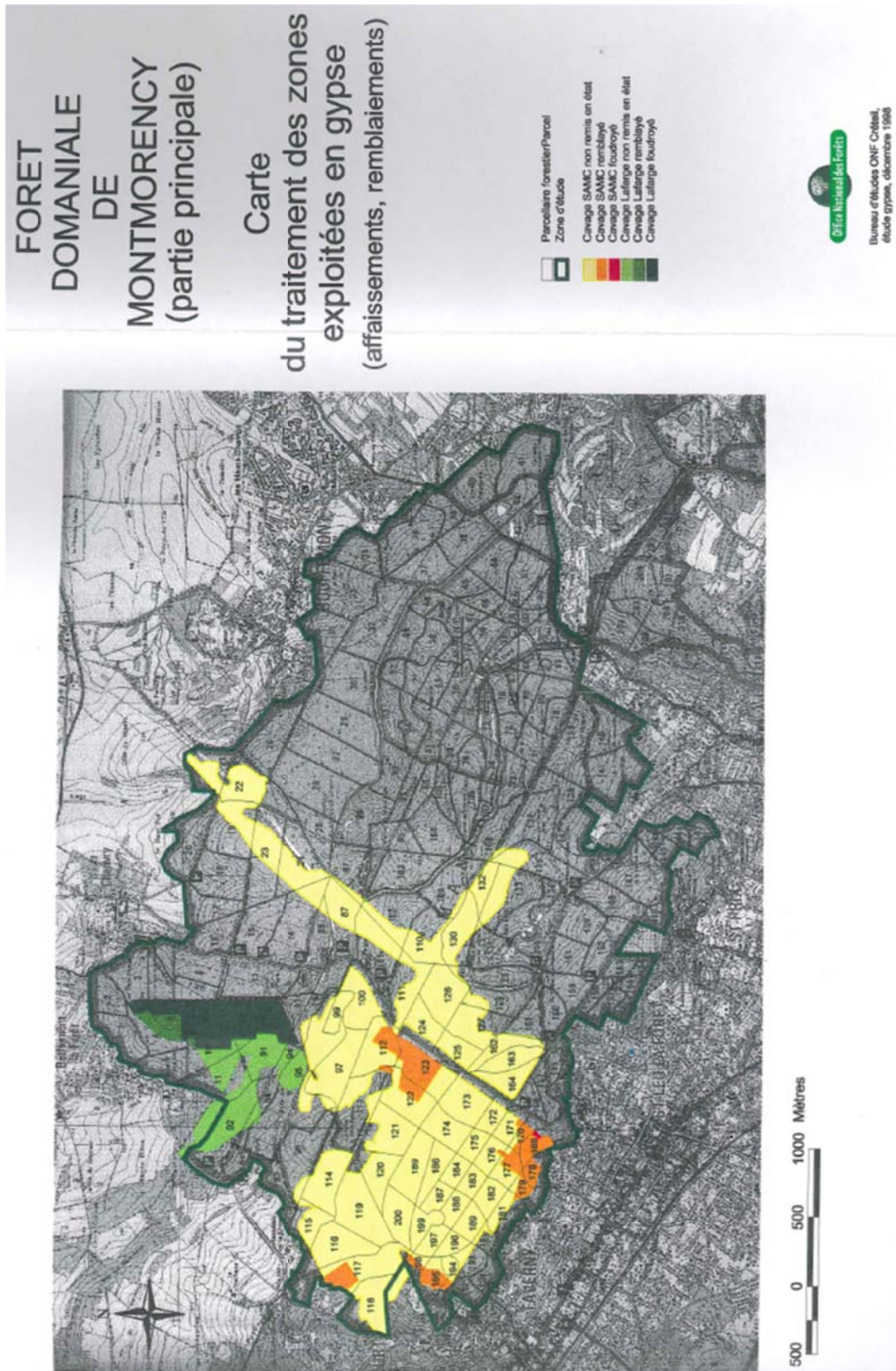


Illustration 12 – Activité des carrières de gypse en 1998 (rapport « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency », Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF – décembre 1998)

Des anciens fontis rebouchés sont identifiés sur l'ancienne emprise SAMC : l'un en parcelle 123 datant de 1982 (profondeur maximale de 5 m), l'autre en parcelle 121 datant de 1983 (profondeur maximale de 15 m). Ces parcelles sont localisées à environ 300 m au sud de la RDB de la Cailleuse.

Sur l'ancienne carrière de Siniat, des fontis, remblayés, sont également présents en parcelles 4 et 6 (d'importance moindre) et un fontis majeur est localisé en parcelle 94, datant de 1985. Un plan détaillé présente la situation sur l'ancienne carrière Siniat en 1998 (illustration 13).

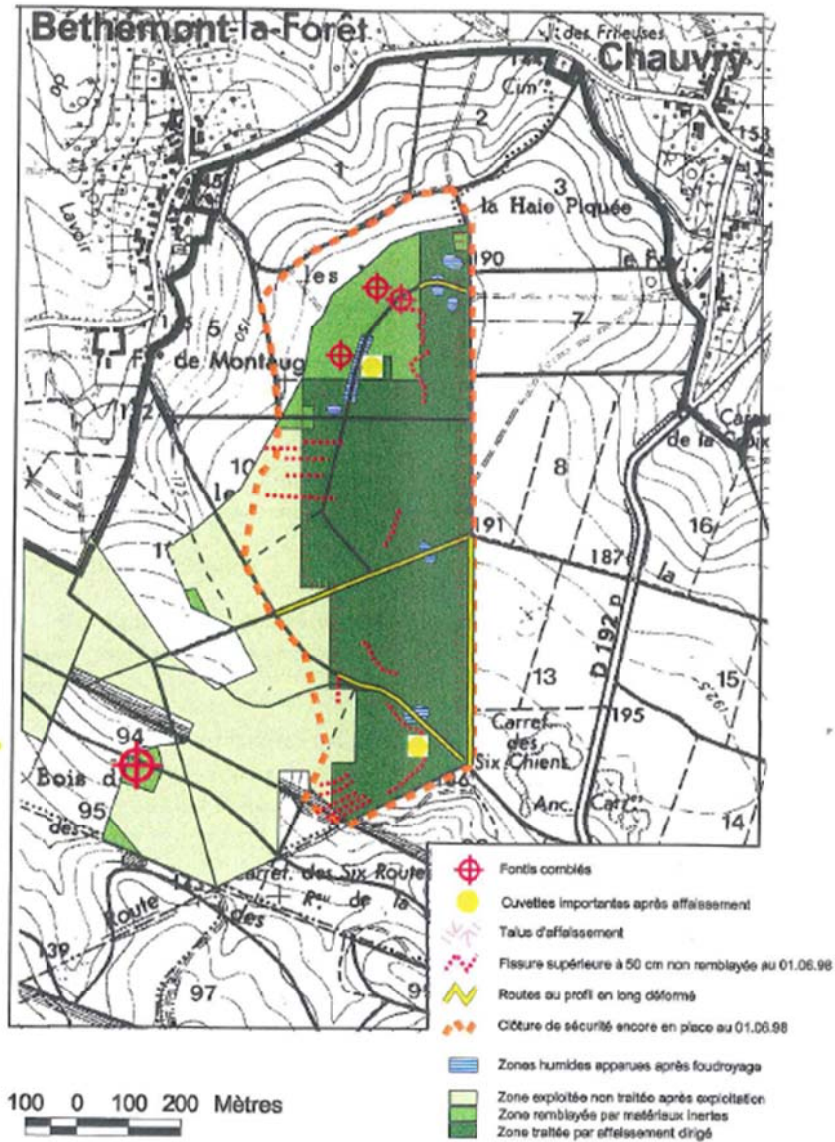


Illustration 13 – Ancienne carrière de gypse Siniat en 1998 (rapport « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency », Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF – décembre 1998)

3.4. SYNTHÈSE

Les informations recueillies sur le contexte géologique de la forêt de Montmorency montrent que des perturbations géologiques ont été engendrées par les affaissements dirigés notamment, provoquant ponctuellement l'apparition de fontis. Ces fontis, pouvant a priori aller jusqu'à 15 m de profondeur d'après les observations du bureau d'études de l'ONF, ont donc mis en communication les formations des Masses et Marnes du gypse (dans lesquelles l'exploitation des carrières a lieu) et les Marnes supragypseuses. Au vu des successions géologiques marneuses et argileuses au-dessus des Marnes supragypseuses et du caractère plastique de ces couches, il semblerait que ces horizons marneux/argileux se soient déformés mais ne se soient pas fracturés. La couche des Sables de Fontainebleau sus-jacente n'a par conséquent pas dû subir de modifications. Cependant, ces fontis ont été remblayés par des matériaux de caractéristiques géologiques inconnues, qui ont donc recouvert la couche des Sables de Fontainebleau.

Notons qu'il ne semble pas exister d'étude géologique précise permettant de valider ces hypothèses. De plus, le recensement des fontis n'est peut-être pas exhaustif.

4. Contexte hydrogéologique

4.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE BIBLIOGRAPHIQUE

D'après « l'Atlas des nappes aquifères de la région parisienne », les nappes présentes au droit de la forêt de Montmorency sont les suivantes :

- **Nappe des formations de l'Oligocène :**

Les Sables de Fontainebleau renferment une nappe d'eau souterraine. A l'échelle du bassin parisien, ces sables peuvent former un aquifère important, notamment dans le sud de l'Île-de-France. Plus localement au niveau des buttes témoins de la forêt de Montmorency, cette nappe est limitée géographiquement et est cloisonnée par les Marnes à huitres. Son impluvium (surface d'alimentation par les eaux de pluie) est réduit car il correspond aux coteaux des buttes témoins. Ses exutoires correspondent probablement à quelques sources perchées en fond de vallée, qui se confondent avec le ruisseau de la Cailleuse et le ruisseau des Fonds dans la partie est de la forêt de Montmorency.

Le Calcaire de Sannois est une formation perméable à l'échelle régionale, dont les Marnes Vertes constituent le substratum. Au nord de l'Île-de-France, ce calcaire n'est pas considéré comme réellement aquifère car il présente un faciès calcaire gypseux à dominante marneuse.

- **Nappe des formations de l'Eocène :**

Les formations du Calcaire de Saint Ouen, Sables de Beauchamp, Calcaire du Lutétien et Sables de Cuise sont aquifères à l'échelle régionale. La nappe la plus importante est localisée dans les calcaires lutétiens et sables cuisiers.

- **Nappe de la Craie du Campanien :**

Cette nappe n'est sollicitée que dans les vallées où la craie est sub-affleurante, ce qui n'est pas le cas dans le secteur d'étude.

4.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE LOCAL

Localement, la zone humide est en lien hydraulique avec la nappe superficielle : la nappe des Sables de Fontainebleau.

D'après les données piézométriques collectées par l'ONF, sur la base d'informations fournies par Siniat, le groupe Siniat possède 7 piézomètres dans la partie nord de la forêt de Montmorency, implantés dans les Sables de Fontainebleau (illustration 14).

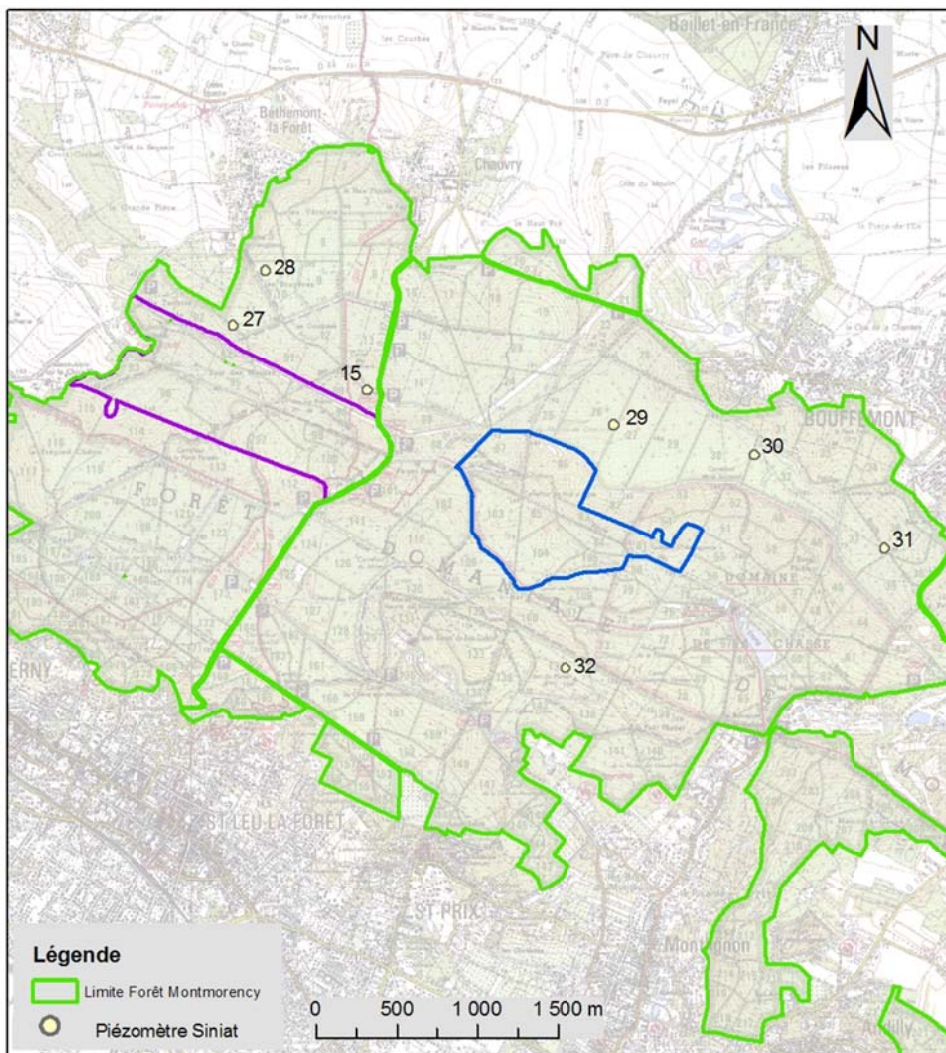


Illustration 14 – Localisation des piézomètres Siniat (données ONF)

Le groupe Siniat a effectué des relevés des niveaux d'eau de 1995 à 2012. Ces relevés correspondent à une mesure manuelle effectuée en moyenne deux fois par an dans les piézomètres. Les niveaux mesurés (*a priori* en m NGF) sont reportés dans le tableau ci-après.

| Date | N°15 | N°27 | N°28 | N°29 | N°30 | N°31 | N°32 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| déc-95 | | 144,35 | 143,7 | | | | |
| déc-96 | 149,71 | 144,23 | | | | | |
| mars-98 | 149,42 | 143,78 | | | | | |
| mars-99 | 149,28 | 143,78 | 142,9 | | | | |
| juin-99 | 149,23 | 143,75 | 142,86 | 144,24 | 140,94 | 133,7 | 133,38 |
| nov-99 | 149,08 | 143,63 | 142,75 | 144,15 | 140,88 | 133,63 | 133,2 |
| mars-00 | 149,1 | 143,68 | 142,77 | 144,07 | 140,85 | 133,59 | 133,32 |
| sept-00 | 149,04 | 143,53 | 142,65 | 144,02 | 140,84 | 133,59 | 133,39 |
| févr-01 | 149,11 | 143,62 | 142,7 | 143,92 | 140,82 | 133,77 | 133,65 |
| oct-01 | 149,67 | 144,06 | 143,08 | 144,19 | 141,28 | 134,51 | 134,62 |
| mars-02 | 149,81 | 144,18 | 143,22 | 144,33 | 141,44 | 134,76 | 134,85 |
| oct-02 | 149,87 | 144,22 | 143,39 | 144,65 | 141,68 | 134,8 | 134,78 |
| juil-03 | 149,95 | 144,15 | 143,4 | 144,98 | 141,82 | 134,86 | 134,71 |
| nov-03 | 149,93 | 144,12 | 143,36 | 144,96 | 141,81 | 134,8 | 134,68 |
| mai-04 | 149,79 | 144,06 | 143,26 | 145,01 | 141,75 | 134,45 | 134,4 |
| janv-05 | | 143,96 | 143,13 | 144,87 | 141,63 | 134,42 | 134,2 |
| mai-05 | | 143,83 | 143,09 | 144,8 | 141,59 | 134,35 | 134,07 |
| nov-05 | | 143,78 | 143,05 | 144,74 | 141,51 | 134,29 | 133,96 |
| mars-06 | | 143,63 | 142,95 | 144,63 | 141,37 | 134,12 | 133,82 |
| août-06 | | 143,52 | 142,83 | 144,55 | 141,3 | 134,05 | 133,69 |
| mars-07 | | 143,43 | 142,7 | 144,4 | 141,13 | 133,96 | 133,5 |
| oct-07 | | 143,09 | | 144,18 | 141 | 133,72 | 133,36 |
| mai-08 | | 143,32 | 142,58 | 144,08 | 140,88 | 133,7 | 133,4 |
| sept-08 | | 143,28 | 142,55 | 143,97 | 140,81 | 133,73 | 133,31 |
| avr-09 | | 143,2 | 142,42 | 143,72 | 140,61 | 133,54 | 133,22 |
| oct-09 | | 143,1 | 142,35 | 143,65 | 140,6 | 133,54 | 133,22 |
| janv-10 | | 143,06 | 142,3 | 143,58 | 140,49 | 133,42 | 133,11 |
| juin-10 | | 143,02 | 142,27 | 143,5 | 140,4 | 133,36 | 133,03 |
| nov-10 | | 142,93 | 142,21 | 143,47 | 140,49 | 133,34 | 132,93 |
| mars-11 | | 142,9 | 142,5 | 143,65 | 140,49 | 133,34 | 132,95 |
| août-11 | | | | 143,3 | 140,4 | 133,25 | 132,93 |
| oct-11 | | 142,82 | 142,06 | 143,32 | 140,44 | 133,3 | 132,9 |
| mai-12 | | 142,72 | 142,11 | 143,62 | 140,23 | 133,1 | |

Illustration 15 – Relevés des niveaux d'eau des piézomètres Siniat (données ONF)

D'après le groupe Siniat, il est très probable que ces relevés aient été effectués à partir de l'altitude du sol, en m NGF.

En considérant l'altitude des têtes de piézomètres comme étant l'altitude du sol, sur la base des données altimétriques du Modèle Numérique de Terrain au pas de 50 m de l'IGN, nous pouvons en déduire que l'eau souterraine présente dans les Sables de Fontainebleau est à une profondeur moyenne d'environ 30 m.

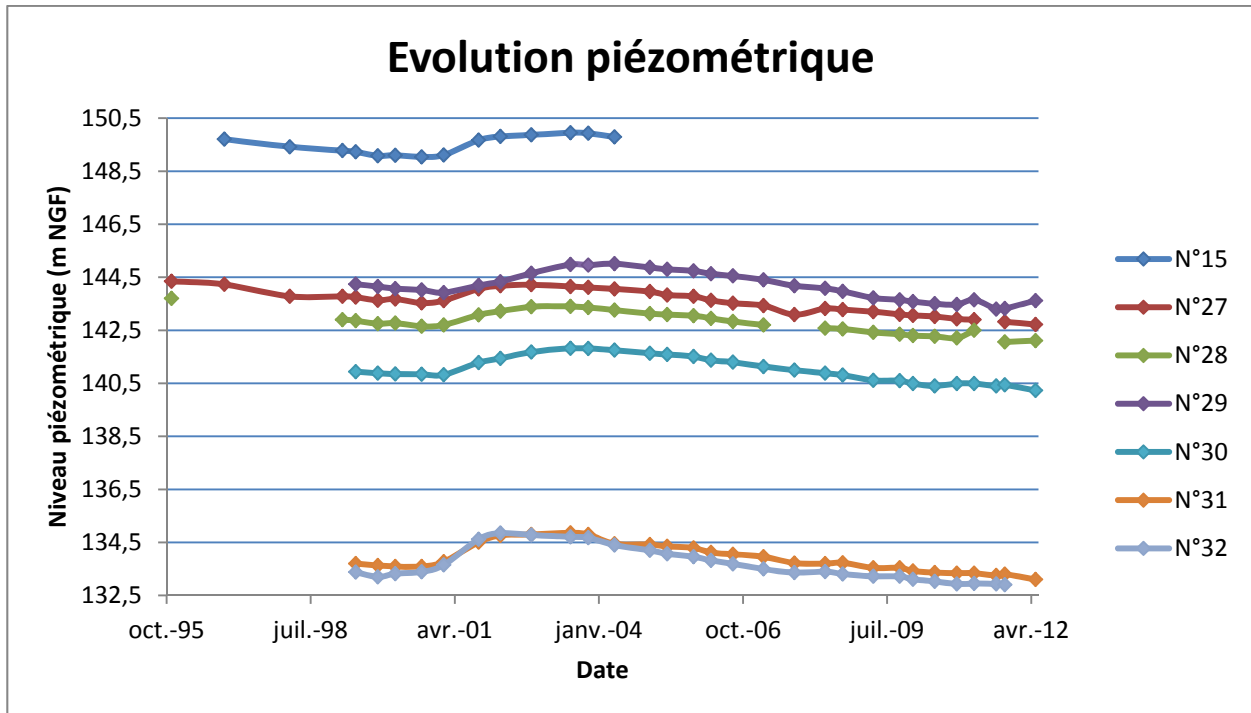


Illustration 16 – Evolution des niveaux d'eau des 7 piézomètres Siniat

Le suivi des niveaux d'eau entre décembre 1995 et mai 2008 permet de mettre en évidence un comportement de la nappe des Sables de Fontainebleau homogène à l'échelle de la forêt de Montmorency (illustration 16). Les niveaux d'eau sont en baisse entre juin 1999 et février 2001, puis augmentent légèrement jusqu'en juillet 2003. Depuis juillet 2003, les niveaux sont en baisse.

Deux piézomètres sont étudiés plus particulièrement, le n°27, au plus près de la RDB de la Cailleuse et présentant un suivi piézométrique complet, et le n°28, en position amont hydraulique du n°27 (illustration 17).

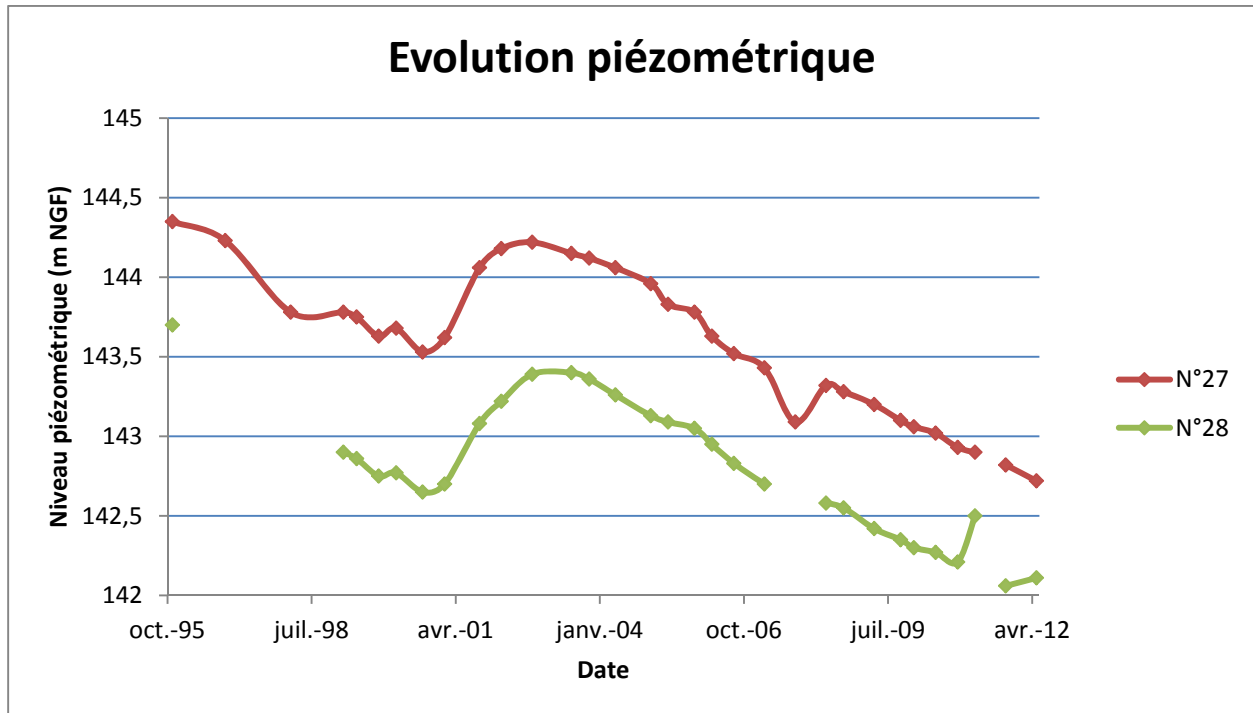


Illustration 17 – Evolution des niveaux d'eau des piézomètres n°27 et 28

On peut tout d'abord noter qu'il y a une baisse globale des niveaux d'eau de 1,6 m depuis le début du suivi (piézomètre n°27: décembre 1995 : 144,35 m NGF et mai 2012 : 142,72 m NGF, et piézomètre n°28 : décembre 1995 : 143,7 m NGF et mai 2012 : 142,11 m NGF). Les variations saisonnières (hautes eaux au début du printemps et basses eaux à la fin de l'été) ne sont pas très marquées.

4.3. INTERFERENCES HYDROGEOLOGIQUES EVENTUELLES

Des prélèvements d'eaux souterraines dans le voisinage de la zone d'étude peuvent perturber le comportement naturel de la nappe des Sables des Fontainebleau

4.3.1. Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN)

L'Agence de l'Eau Seine Normandie a communiqué la localisation ainsi que l'usage des prélèvements d'eau souterraine et d'eau superficielle, qui sont soumis à redevance en 2011 et/ou 2012, du département du Val d'Oise. Trois usages sont identifiés : l'alimentation en eau potable (AEP), l'irrigation et l'usage thermique (refroidissement). Compte tenu de leur distance à la forêt de Montmorency et de leur altitude, ces prélèvements ne captent pas la nappe des Sables de Fontainebleau, et ne sont pas susceptibles d'influencer la nappe des Sables de Fontainebleau dans notre secteur d'étude.

La carte suivante répertorie les points de prélèvements dans le voisinage de la zone d'étude.

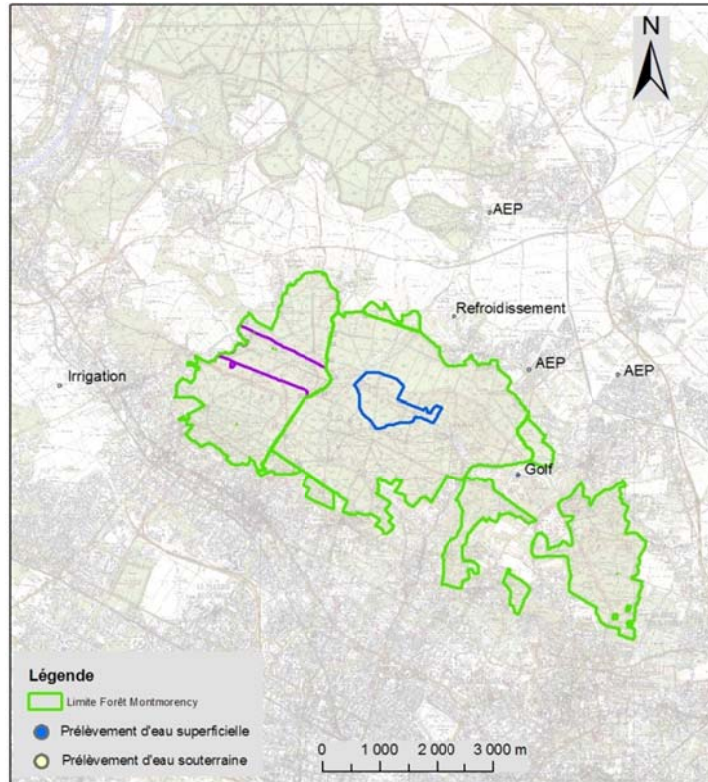


Illustration 18 – Localisation des puits AEP en service dans le voisinage du secteur d'étude

4.3.2. Agence Régionale de Santé (ARS)

L'Agence Régionale de Santé du département du Val d'Oise précise que quatre puits d'alimentation en eau potable sont en service dans notre secteur d'étude en à la date du 15 octobre 2012. Sur ces quatre puits, trois sont référencés également dans la base de données de l'AESN.

Après consultation des informations descriptives de ces puits dans la base de données du sous-sol (BSS) du BRGM, ces puits captent la nappe de l'Eocène vers 40 m NGF. Compte tenu de la présence de couches imperméables entre ces deux nappes (successions marneuses) qui limitent les échanges verticaux et de la distance entre les captages AEP et la zone d'étude, ces captages n'ont donc pas d'influence sur la nappe des Sables de Fontainebleau de la RDB la Cailleuse.

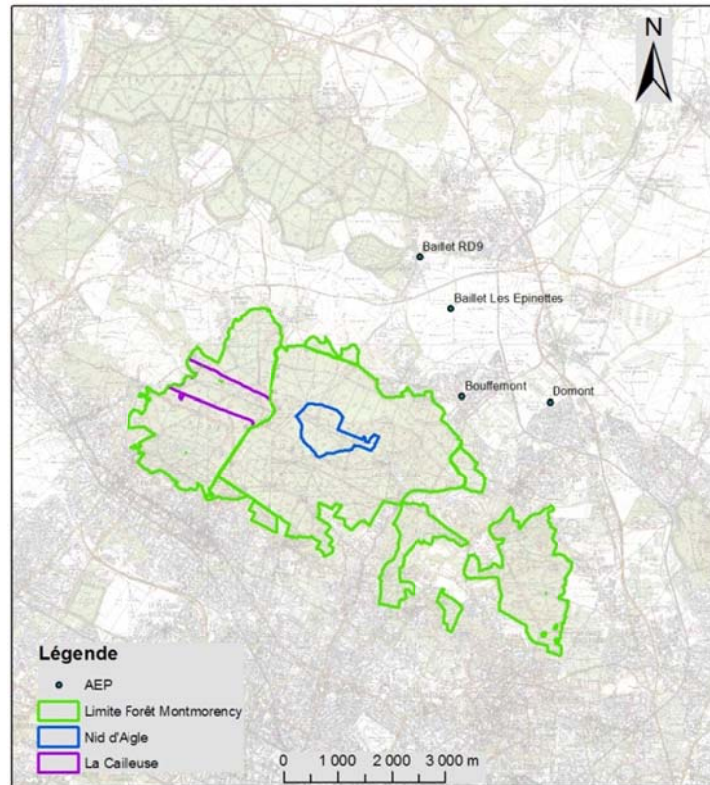


Illustration 19 – Localisation des puits AEP en service dans le voisinage du secteur d'étude

4.3.3. Banque du sous-sol (BSS)

La Banque du sous-sol (BSS) du BRGM a été consultée afin d'identifier d'éventuels puits supplémentaires. Aucun prélèvement d'eau complémentaire n'est renseigné dans la BSS dans la zone d'étude.

La carte suivante récapitule les points présents en BSS, qui ne sont pas remblayés.

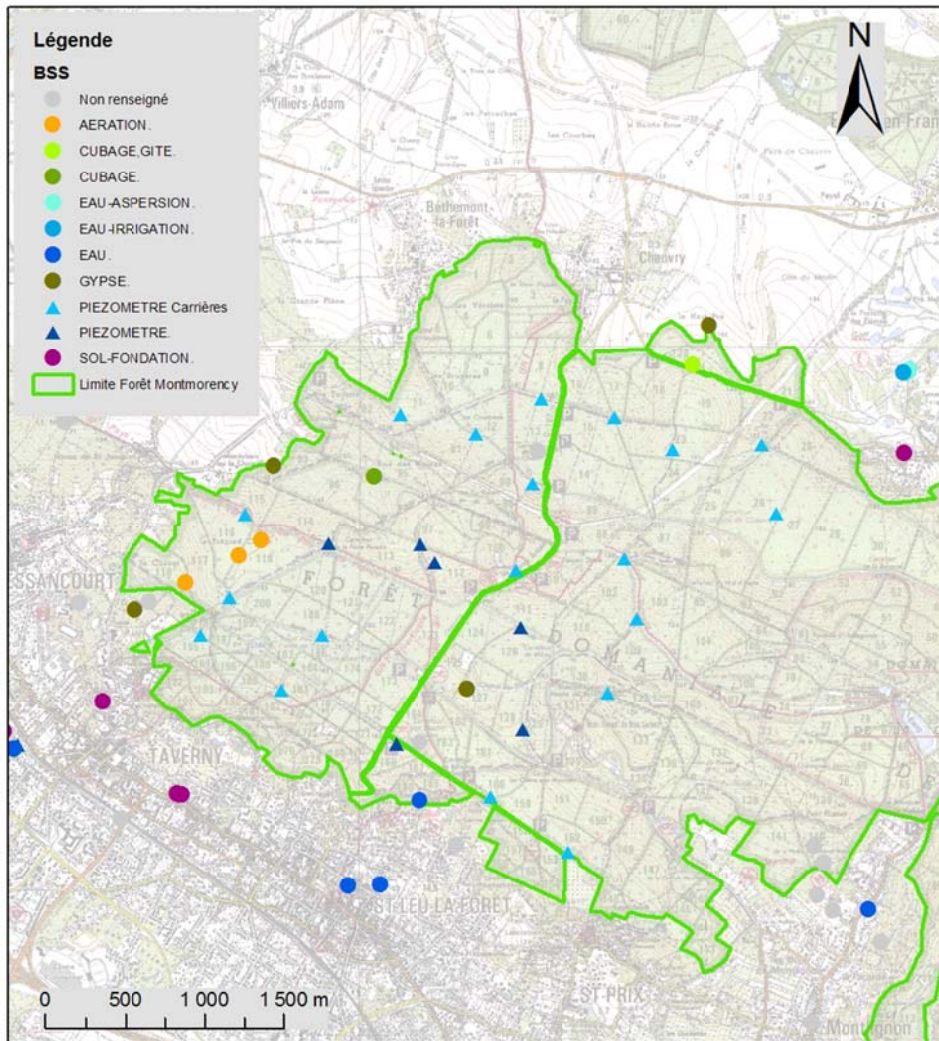


Illustration 20 – Localisation des points identifiés en BSS

Au total, 25 piézomètres sont recensés dans la forêt de Montmorency. Les autres points sont relatifs à l’exploitation du gypse.

Remarque : les « piézomètres carrières » sont décrits comme appartenant à SAMC ou Lafarge dans la description BSS, sans qu’une distinction ne soit faite. Les « piézomètres » n’ont pas de description renseignée en BSS.

Sur les 25 piézomètres identifiés en BSS, trois semblent correspondre aux piézomètres qui sont suivis par Siniat (n° 29, 27 et n°15). Cependant, il faut noter que les informations contenues en BSS sont issues de données fournies par les propriétaires uniquement, et ne sont pas vérifiées par des contrôles sur le terrain. Des erreurs sont donc possibles.

4.3.4. Informations issues des groupes Siniat et Placo

Les informations recueillies auprès des groupes Placo et Siniat sont les suivantes (reportées sur l'illustration 11) :

- Aucun des exploitants ne constate de venue d'eau dans son exploitation, indiquant une imperméabilité par rapport à la surface,
- Aucun pompage n'est réalisé sur les emprises des exploitations Siniat et Placo,
- Aucun suivi des eaux souterraines n'est réalisé sur les emprises Placo.
- Le groupe Placo réalise des analyses de la qualité du ruisseau de Chauvry (hors secteur d'étude) : ils observent un ruisseau avec un débit faible, régulièrement à sec (surtout en période estivale).

4.3.5. Informations issues de l'étude d'impact réalisée en 1992 par le BRGM

Le rapport réalisé par le BRGM en mars 1992 (Etude d'impact de l'exploitation souterraines de gypse par la méthode d'affaissement dirigé - Carrière de Villiers Adam) précise que :

« L'exploitation par affaissement dirigé peut être à l'origine d'infiltration des eaux vers la profondeur, si la couche de marnes faisant office d'écran imperméable est fracturée. Cependant, les marnes sont des roches tendres (composées d'argiles et de calcaires), plastiques sous l'action de l'humidité (elles peuvent donc se déformer sans rupture).

Cette propriété des marnes a été observée lors des affaissements dirigés réalisés de façon régulière en 1988 et 1989. Ainsi, chaque foudroyage subit des venues d'eau dans la carrière de l'ordre de 5 m³/h qui diminuent à 1 m³/h pendant 2 à 3 jours. Ce laps de temps correspond à celui mis par les marnes pour se réajuster aux nouvelles conditions et combler les vides. Au bout de cette période de quelques jours, la carrière au voisinage de la zone d'affaissement est absolument sèche ».

Une modélisation a été réalisée par l'Ecole des Mines de Paris (Armines) sur des données datant de 1982 à 1987, et qui avait pour but d'identifier les impacts hydrogéologiques des affaissements dirigés. Dans l'hypothèse que des venues pérennes réduites étaient présentes dans l'horizon de la carrière (ce qui semble être le plus représentatif de la réalité), le modèle indique un rabattement très important de la piézométrie au droit de l'affaissement (10 m), mais qui diminue très rapidement avec la distance (moins de 1 m après 10 ans d'affaissement, pour un piézomètre à 200 m de l'affaissement). La simulation sur 10 ans montre également que le débit du ruisseau de la Cailleuse et des Fonds devrait diminuer de 15 % au maximum.

Ce rapport indique aussi que le retour d'expérience sur 40 opérations d'affaissement dirigé montre que les terrains s'affaissent lentement d'environ 3-4 mètres. Enfin, il est préconisé un suivi régulier hydrogéologiques et de la végétation afin de vérifier les résultats de la modélisation et de voir l'évolution réelle de la forêt.

4.4. SYNTHÈSE

Les informations recueillies permettent d'identifier une baisse globale des niveaux d'eau dans la nappe des Sables de Fontainebleau. Pour rappel, ces relevés de niveaux d'eau présentent des incertitudes. D'une manière générale, cette baisse des niveaux d'eau est observée sur le bassin Seine-Normandie depuis 2002. Ce constat local ne semble donc pas incohérent avec les constatations à l'échelle du bassin.

Aucune perturbation hydrogéologique locale liée à des prélèvements d'eau n'a été identifiée.

D'après une étude datant de 1992, il semblerait que les affaissements dirigés aient des impacts ponctuels sur l'écoulement dans les Sables de Fontainebleau. Cependant, il ne semble pas exister d'étude récente permettant de valider ces conclusions. Des pertes d'eau liées à la présence de fontis ne peuvent donc pas être écartées.

5. Données climatiques Meteo France

Les données climatiques de précipitations (P) et d'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été récoltées auprès de Météo France, sur une période de 17 ans (de 1996 à 2012).

Les précipitations correspondent à celles de la station pluviométrique en fonctionnement la plus proche de la zone d'étude, à savoir la station de Villiers Adam.

L'évapotranspiration potentielle, calculée selon la méthode de Monteith, provient de la station la plus proche réalisant ce calcul, soit la station de l'aéroport de Roissy (l'ETP est une donnée qui varie peu selon la distance et celle calculée à Roissy peut donc être considérée comme applicable au secteur étudié). La station de Roissy est en milieu semi-urbain. L'ETP de cette station semble donc plus représentative de l'ETP en forêt de Montmorency que celle d'une station urbaine comme Pontoise ou Le Bourget (qui sont les deux autres stations du département ayant des données ETP).

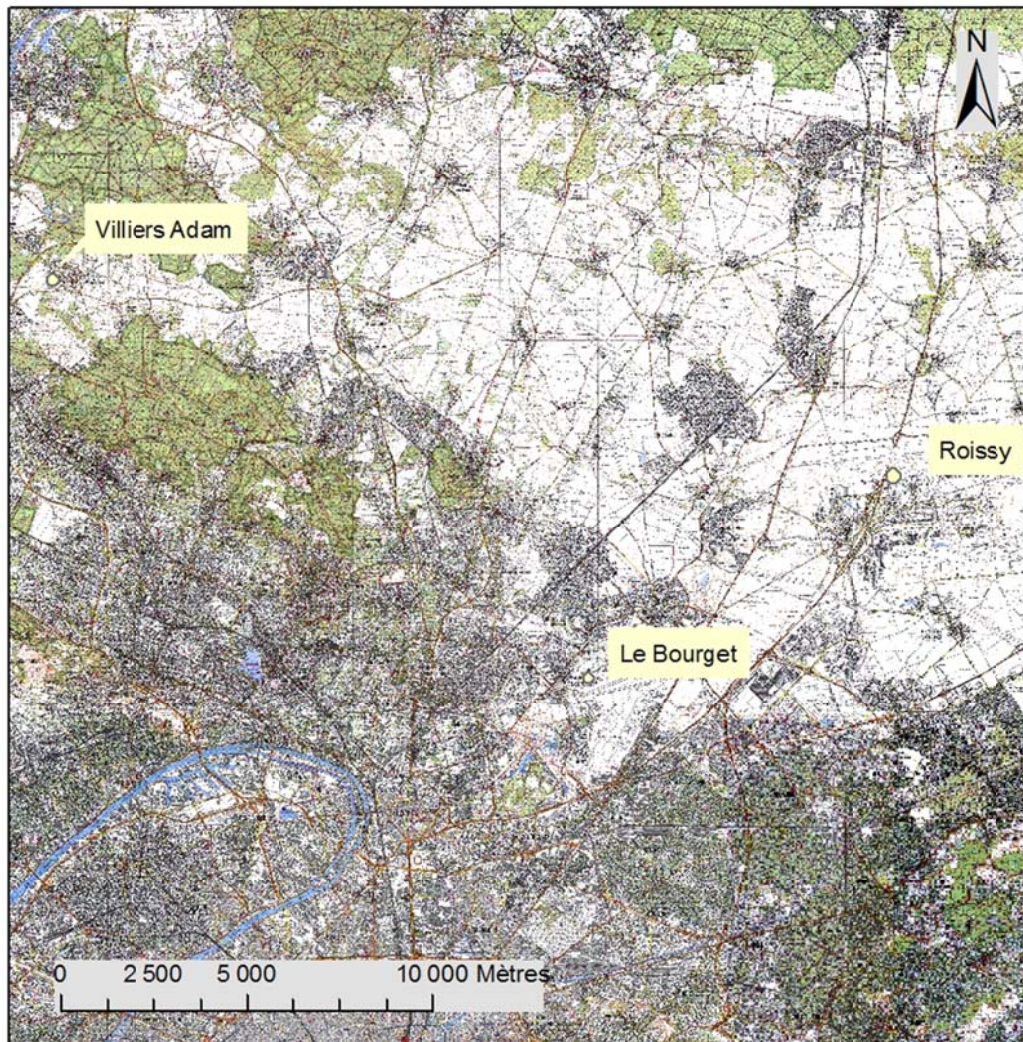


Illustration 21 – Localisation des stations Météo France

5.1. PRECIPITATIONS

Le graphique des précipitations moyennes par année hydrogéologique (octobre de l'année n-1 à septembre de l'année n) mesurées à la station Villiers Adam sur la période 1996-2012 met en évidence une période d'augmentation des précipitations entre 1996 et 2001, puis une baisse globale des précipitations (excepté en 2006-2007).

Cependant, d'une manière générale, la pluviométrie ne présente pas de déficit chronique important sur la période 1996-2012. La pluviométrie moyenne est de 700 mm/an.

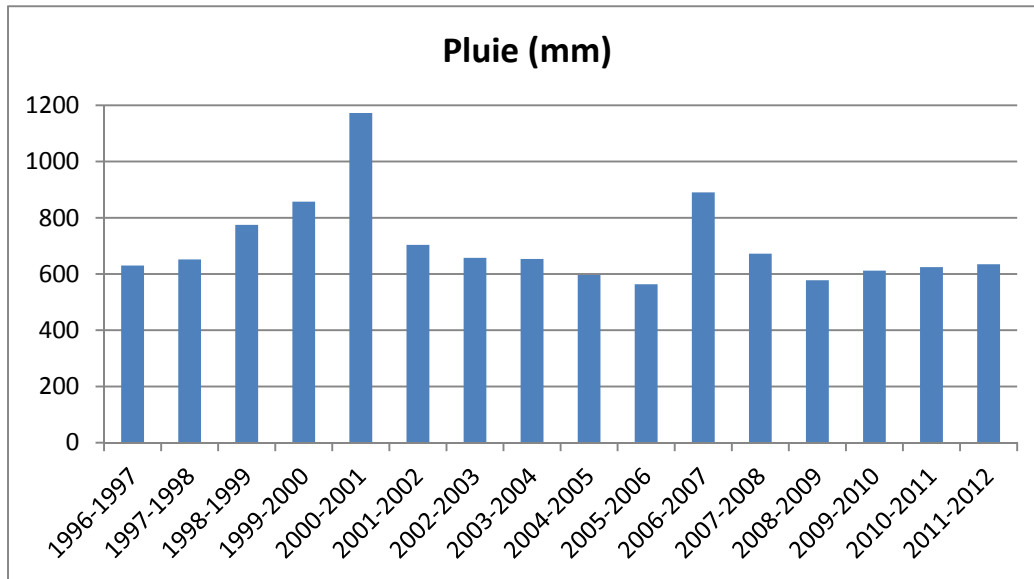


Illustration 22 – Graphique des précipitations à la station Villiers Adam par année hydrogéologique (1996-2012)

D'après le plan de gestion de l'ONF datant de 2009, les précipitations dans la forêt de Montmorency sont plus importantes que dans son voisinage. Ceci est établi sur la base d'une carte des précipitations normales annuelles sur la période 1971-2000 réalisée par l'Agence de l'Eau Seine Normandie, qui fait ressortir que l'ouest de la forêt présente une moyenne annuelle de 750-800 mm alors que la station du Bourget présente une moyenne annuelle de 600-650 mm.

Ainsi, il est difficile d'établir le contexte climatique en forêt de Montmorency, qui bénéficie probablement d'un microclimat.

5.2. PLUIES EFFICACES

Dans une première approche, simplificatrice, on peut assimiler la pluie efficace à la différence entre précipitations et évapotranspiration potentielle (en principe, le calcul de la pluie efficace se fait par l'intermédiaire d'un bilan, au pas de temps journalier ou décadaire, faisant intervenir la capacité de stockage du sol, appelée "réserve utile"). Si cette pluie efficace approximée est négative (évapotranspiration supérieure aux précipitations), il n'y a pas d'alimentation des nappes. Si elle est positive (précipitations supérieures à l'évapotranspiration potentielle), on peut estimer qu'une partie de cette pluie efficace peut alimenter les nappes.

De manière générale, les pluies hivernales (période généralement d'octobre à avril) permettent d'alimenter les nappes et les cours d'eau. A l'inverse, les pluies estivales (avril – septembre) ne

permettent pas d'alimenter les nappes, du fait d'une évapotranspiration plus importante (présence de végétation).

La pluie efficace moyenne annuelle (sur une année hydrologique) est de 180 mm sur la période 1996-2012. Le graphique de l'illustration 23 montre une assez forte variabilité des pluies efficaces sur la période 1996-2012, avec notamment des différences entre les années 2005-2006, où la pluie efficace est la moins importante (108 mm) et les années 2000-2001, où la pluie efficace est la plus importante (566 mm – remarque : l'année 2000-2001 n'est pas complète, il manque les mois d'avril, mai et juin 2001). Mais, globalement, la pluie efficace était en hausse entre 1996 et 2001 et en baisse depuis cette période.

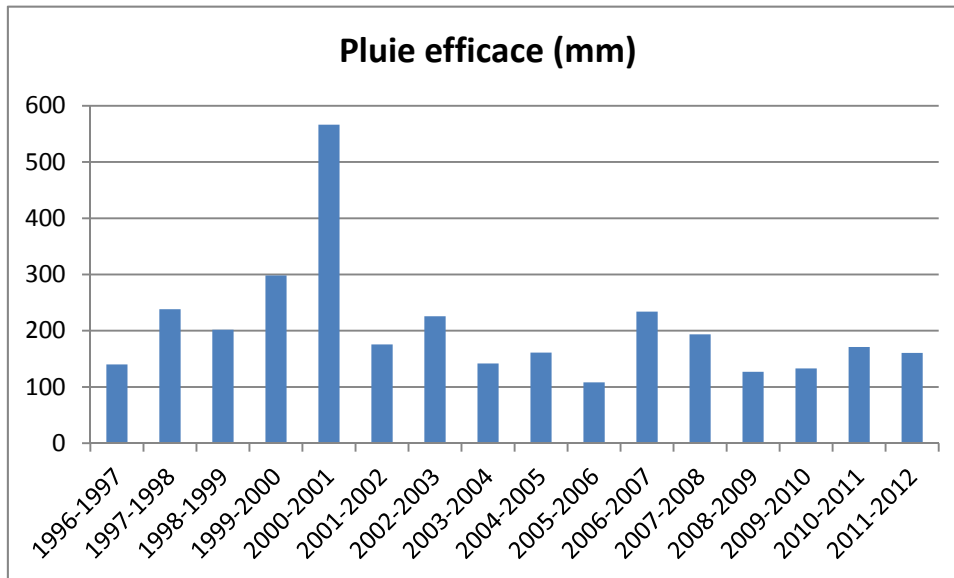


Illustration 23 – Graphique des pluies efficaces à la station Villiers Adam par année hydrogéologique (2002-2012) NB : l'année 2000-2001 n'est pas complète, il manque les mois d'avril, mai et juin 2001

5.3. SYNTHÈSE

Les données de Météo France permettent d'identifier une baisse globale des pluies efficaces depuis 2002, par rapport aux années 1996-2001, bien que les précipitations ne présentent pas de baisse aussi notable. Cette différence pourrait s'expliquer par une évolution de la répartition des précipitations annuelles : ces dernières sont vraisemblablement moins importantes en périodes de recharge de la nappe (période hivernale), lorsque l'évapotranspiration est faible, et plus importantes en périodes estivales, lorsqu'elles sont moins efficaces.

Cette baisse peut être mise en relation avec la baisse des niveaux d'eau dans les Sables de Fontainebleau. D'une manière générale, cette baisse de la pluie efficace est aussi observée sur le bassin Seine-Normandie depuis 2002. Ce constat local est donc cohérent avec les constatations à l'échelle du bassin.

Par ailleurs, il semblerait que la forêt de Montmorency bénéficie d'un microclimat. Il serait donc nécessaire d'établir le contexte climatique en forêt de Montmorency par des mesures dans la forêt.

6. Visite de terrain

Une visite de la RDB de la Cailleuse a été réalisée le 31 juillet 2012 par le BRGM avec l'ONF.

Un des piézomètres appartenant à Siniat a été retrouvé (n° 15).



Illustration 24 – Piézomètre n°15 (photographie BRGM)

Cependant, l'autre piézomètre (27) n'a pas pu être localisé.

La visite a permis de visualiser la RDB La Cailleuse, notamment la zone principale, le ruisseau de la Cailleuse, ainsi que les travaux réalisés par l'ONF en 2005, qui consistaient à la mise en place d'un barrage réalisé avec les matériaux argileux à proximité (Marnes vertes probablement), en amont de la RDB.



Illustration 25 – Zone principale de la RDB La Cailleuse (photographie BRGM)



Illustration 26 – Ruisseau La Cailleuse (photographie BRGM)

A noter que le ruisseau de la Cailleuse ne repose pas sur la formation des Sables de Fontainebleau, mais probablement sur les Marnes à huîtres.

Enfin, une zone d'affaissement d'un demi-hectare sur une profondeur d'une vingtaine de mètres environ a été localisée. Elle a été remblayée. Cette zone d'affaissement correspond au fontis principal identifié sur l'ancienne carrière Siniat dans l'étude réalisée par le bureau d'étude de Créteil de l'ONF en décembre 1998.

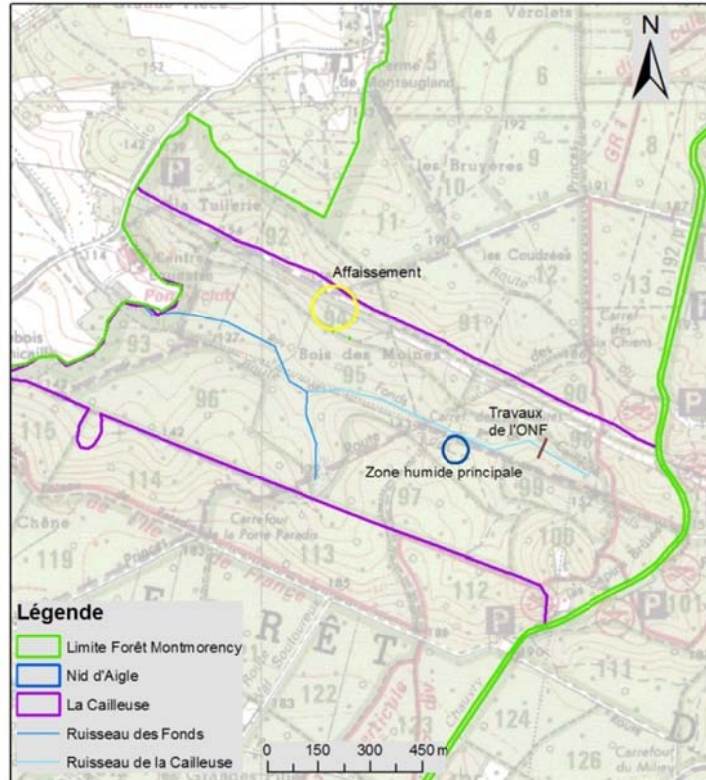


Illustration 27 – Informations recueillies lors de la visite de terrain en juillet 2012

7. Conclusions et recommandations

7.1. CONCLUSIONS

La forêt domaniale de Montmorency, située à 20 km au nord de Paris, contient la réserve biologique classée, également ZNIEFF de type 1, de la Cailleuse, d'une superficie d'environ 100 hectares.

Des suivis floristiques réalisés par l'ONF ont mis en évidence un assèchement de la tourbière de la Cailleuse, identifié depuis une trentaine d'années.

Les données recueillies sur le contexte hydrogéologique de la réserve de la Cailleuse mettent en évidence les points suivants :

- Des carrières de gypse sont exploitées dans le sous-sol de la forêt de Montmorency. **Des perturbations géologiques ont été engendrées par les affaissements dirigés réalisés dans les années 1990 par les exploitants de ces carrières de gypse. Cela a ponctuellement créé des fontis**, pouvant a priori aller jusqu'à 15 m de profondeur d'après les observations du bureau d'études de l'ONF. **Ces fontis ont donc mis en communication les formations des Masses et Marnes du gypse (dans lesquelles l'exploitation des carrières a lieu) et les Marnes supragypseuses.** Au vu des successions géologiques marneuses et argileuses au-dessus des Marnes supragypseuses et du caractère plastique de ces couches, il semblerait que ces horizons marneux/argileux se soient déformés mais ne se soient pas fracturés. **La couche des Sables de Fontainebleau sus-jacente ne devrait, par conséquent, pas avoir dû subir de modifications. Cependant, il ne semble pas exister d'étude géologique précise permettant de valider ces hypothèses.**
- **La nappe superficielle se situe dans les Sables de Fontainebleau. Les informations recueillies auprès du groupe Siniat, bien que présentant des incertitudes, permettent d'identifier une baisse globale des niveaux d'eau dans cette nappe. Aucune perturbation hydrogéologique locale liée à des prélèvements d'eau n'a été identifiée.** Dans une étude réalisée en 1992 par le BRGM, il est noté que, sur la base d'une modélisation réalisée par Armines, les affaissements dirigés ont des impacts ponctuels sur l'écoulement dans les Sables de Fontainebleau. Cependant, il ne semble pas exister d'étude récente permettant de valider ces conclusions.
- **Les données de Météo France permettent d'identifier une baisse globale des pluies efficaces depuis 2002, par rapport aux années 1996-2001, bien que les précipitations ne baissent pas de façon aussi notable.** Cette différence pourrait s'expliquer par une évolution de la répartition des précipitations annuelles : ces dernières sont vraisemblablement moins importantes en périodes de recharge de la nappe (période hivernale), lorsque l'évapotranspiration est faible, et plus importantes en périodes estivales, lorsqu'elles sont moins efficaces. **Cependant, il semblerait que la forêt de Montmorency bénéficie d'un microclimat.**
- D'une manière générale, **la baisse des niveaux d'eau dans les nappes et la baisse de la pluie efficace sont observées sur le bassin Seine-Normandie depuis 2002.** Les résultats obtenus pour la forêt de Montmorency ne semblent donc pas incohérents avec les constatations à l'échelle du bassin. Ainsi, **la baisse des niveaux d'eau dans les Sables de Fontainebleau dans le secteur étudié relèverait d'une dynamique**

régionale. Néanmoins, les informations recueillies ne permettent pas d'écarter une contribution liée à la présence de fontis.

7.2. RECOMMANDATIONS

La réserve biologique de la Cailleuse est une tourbière alimentée en eau par les précipitations, par le ruisseau de la Cailleuse et par l'eau souterraine de la nappe des Sables de Fontainebleau, les contributions de ces trois sources étant probablement très inégales. L'eau de pluie tombant sur les coteaux contribue d'une part à l'alimentation de la zone humide par ruissellement le long des coteaux, et d'autre part à l'alimentation de la nappe des Sables de Fontainebleau. La nappe des Sables de Fontainebleau, qui présente des exutoires le long des coteaux, doit également contribuer à l'alimentation de la tourbière. Enfin, la relation entre la tourbière et le ruisseau n'est par contre pas établie. Cependant, il est peu probable que ce petit ruisseau soit en relation hydraulique avec la nappe des Sables de Fontainebleau. Il est vraisemblablement la résultante du ruissellement des eaux de pluies sur les coteaux et d'une contribution des sources alimentées par la nappe des Sables de Fontainebleau. Sa contribution à l'état hydrique des zones tourbeuses doit donc être minime.

Le phénomène d'assèchement observé est lié à une diminution d'un ou de plusieurs de ces apports.

Sur la base des informations recueillies, il est probable que la diminution de pluies efficaces, et par conséquent du niveau de la nappe des Sables de Fontainebleau, ait un impact sur l'assèchement de la zone humide. Cependant, il n'est pas possible de conclure quant à une origine purement hydrogéologique du phénomène d'assèchement. En effet, la contribution de chacun des apports en eau de la zone humide n'étant pas connue, il n'est pas possible de déterminer quelle est la part de la baisse du niveau d'eau souterraine sur l'assèchement de la tourbière.

Ainsi, afin de comprendre le fonctionnement de cette tourbière, il faut tout d'abord établir la contribution de chacun des apports (eau de ruissellement et eau souterraine principalement, et ruisseau dans une moindre mesure).

Remarque : le rapport du BRGM de 1992 indique qu'une modélisation a été réalisée par Armines sur la zone d'étude. Egalement, dans le cadre de la recherche de documents pour la présente étude, il a été fait mention d'une modélisation réalisée par Armines en 1999, sur la base de données hydrogéologiques fournies par Burgeap. Cependant, il n'a pas été possible d'avoir d'autres renseignements, et a fortiori d'avoir connaissance du contenu des rapports.

Il serait donc très utile de réactualiser la modélisation Armines à partir de nouvelles données. Pour cela, il est préconisé de procéder à l'acquisition de nouvelles données pour améliorer le suivi de la zone humide. **Les études qu'il serait souhaitable de réaliser sont les suivantes :**

- **Suivi de la zone humide :**
 - **Suivi des niveaux d'eau de la nappe des Sables de Fontainebleau**
 - La visite de terrain et les données recueillies dans la BSS mettent en évidence la présence de piézomètres dans la forêt de Montmorency. Il pourrait sembler préférable pour des questions de coûts de réutiliser ces ouvrages. Cependant, il faut noter que d'une part, il n'est pas aisé de les retrouver sur le terrain, et que d'autre part, ils peuvent être dégradés et non utilisables. De plus, leurs caractéristiques techniques peuvent être inadaptées à l'étude (profondeur, niveau crépiné...). Enfin, ces

piézomètres ne sont pas propriété de l'ONF. Ainsi, la réalisation de nouveaux piézomètres n'est pas à exclure.

- Le suivi des niveaux d'eau de ces piézomètres pourra être effectué par enregistreur automatique.
 - Idéalement, pour la réalisation d'une carte piézométrique locale, une mesure de niveau par km² serait nécessaire, soit environ 13 mesures piézométriques réparties à l'échelle de la forêt domaniale. Des cartes piézométriques seront réalisées pour les périodes de basses eaux et de hautes eaux, afin de valider le sens d'écoulement des eaux souterraines.
- **Suivi climatique de la forêt de Montmorency**
 - Afin d'avoir une connaissance du contexte climatique local (microclimat), un suivi de pluviométrie dans la forêt de Montmorency pourrait être réalisé, en simultané du suivi piézométrique. Dans le même temps, un suivi de la température pourrait être effectué.
 - L'évapotranspiration est une donnée qui pourra être recueillie auprès de Météo France, car elle n'est pas directement accessible par des données de terrain.
 - **Suivi du débit du ruisseau** en parallèle des suivis piézométriques et climatiques. Des campagnes de jaugeages pourraient être effectuées en amont et en aval du cours en période estivale et hivernale.
- **Etude du stade dynamique de la tourbière avec mesures physico-chimiques :**
 - Il est important de noter que, quelle que soit la nature de l'assèchement de la tourbière, cet assèchement peut conduire à une modification physico-chimique de la tourbe, celle-ci devenant progressivement hydrophobe. Ceci implique de longues et/ou fréquentes périodes sèches. (P. Olliver, P.Y. David, 2012). Ainsi, il ne peut être exclu que l'évolution de la tourbière contribue à son assèchement, indépendamment de la venue d'eau, du fait de la modification physico-chimique de la tourbe. Le suivi des caractéristiques physico-chimique de la tourbe doit donc être effectué en parallèle des études sur les venues d'eaux.
 - En complément, une étude du stade dynamique de la tourbière peut être effectuée, afin de mieux comprendre les caractéristiques de cette tourbière.

Remarque : il serait utile d'intégrer les données éventuellement existantes sur ces domaines : études physico-chimique et stade dynamique de la tourbière.
 - **Analyses isotopiques :** l'étude des relations entre aquifères et aquifère/eaux de surface en contexte de zone humide doit être complétée par des analyses isotopiques ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ainsi que par des analyses ¹⁸O et ²H. Les outils isotopiques utilisés permettront notamment de définir les apports d'eau superficielle aux divers piézomètres et, si les conditions intrinsèques le permettent, d'estimer des vitesses de transfert des eaux de surface vers un piézomètre. Le choix de cette méthode se base sur le fait que les traçages naturels par les isotopes stables de la molécule d'eau ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$) sont très répandus et ceci constitue donc une méthode relativement simple et pratique à mettre en œuvre.
 - **Une étude sur le ruissellement des eaux de pluie** pourra être menée : évaluation de l'impact d'éventuels aménagements pouvant modifier le ruissellement des eaux de surface qui ne parviendrait plus à la zone humide.
- Remarque : si possible, il faudrait recueillir les évolutions des 30 dernières années de la morphologie superficielle des sols de la zone d'étude, ce qui permettrait éventuellement d'identifier une cause de l'assèchement.*
- En complément, en fonction des investigations faites, les doutes concernant l'implication des fontis dans le phénomène d'assèchement de la zone humide pourront être

renforcés. Pour une réelle confirmation, il pourra alors être envisagé de réaliser une **campagne géophysique** (utilisation de techniques sismiques ou électriques appropriées pour détecter respectivement les contrastes de résistance ou d'humidité des couches géologiques), qui permettrait de compléter les connaissances sur le contexte géologique, et ainsi d'identifier d'éventuelles discordances géologiques.

La période de suivi doit être évaluée : plus cette période sera longue, plus l'évolution des phénomènes pourra être appréhendée.

La synthèse de ces données pourra permettre d'élaborer un modèle de fonctionnement. Si une contribution se révèle prépondérante, elle sera le levier le plus important sur lequel il faudra jouer pour rétablir les venues d'eau sur la tourbière. Les travaux à prévoir devront permettre :

- Pour le levier eaux météoriques : établir un ruissellement préférentiel des eaux de pluie des coteaux vers la zone humide.
- Pour le levier eau souterraines : relever les niveaux d'eau dans la nappe (par exemple par la mise en place d'une barrière hydraulique). Pour cela, une modélisation de la zone d'étude doit être réalisée, qui permettra de déterminer ce qui peut être fait et comment cela doit être fait. On peut d'ores et déjà souligner que les caractéristiques hydrodynamiques (perméabilité notamment) de la nappe devront être déterminées.
Remarque : la reprise du modèle d'Armines serait l'option la plus judicieuse pour faire ce travail
- Nature de la tourbe : rétablir des conditions permettant de "redynamiser" la tourbe: son épaisseur et sa qualité doivent être rétablies.

8. Bibliographie

- « Réserves biologiques domaniales dirigées de la Cailleuse et du Nid d'Aigle, Plan de gestion, période d'application 2010-2023 », Direction territoriale Ile de France Nord-Ouest de l'ONF, document provisoire non approuvé, 2009
- « Etude d'impact – exploitation souterraine de gypse par la méthode d'affaissement dirigé – carrière de Villiers-Adam », F. Blanchard, rapport BRGM R34621, mars 1992
- « Atlas des nappes aquifères de la région parisienne », C. Mégrien, 1970
- « Synthèse géologique du Bassin de Paris », C. Mégrien, Mémoires du BRGM n°101, 102 et 103, 1980
- « Etude liée à l'exploitation souterraine de gypse – Forêt Domaniale de Montmorency », Bureau d'Etudes Créteil de l'ONF, décembre 1998
- « Mémento roches et minéraux industriels- La tourbe et les tourbières », F. Barthélémy, rapport BRGM R40890, décembre 1999
- « Guide d'exploitation et de réhabilitation des tourbières », F. Barthélémy et J.M. Hervio, rapport BRGM RP-50520-FR, décembre 2000
- « Avis sur les affaissements et les modifications de sols, St Germain sur Sèvres (50) », P. Olliver, P.Y. David, rapport BRGM RP-58970-FR, septembre 2010
- Carte IGN n°2313O au 1:25 000
- Carte Géologique n°153 au 1 :50 000
- Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM
- BD Alti (MNT) de l'IGN
- BD Carthage (Cours d'eau) de l'IGN et des Agences de l'Eau



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM Ile de France

7, rue du théâtre

91300 – Massy – France

Tél. : 01 69 75 10 25