

La carte géologique harmonisée de la zone d'emprise du programme LGV-PACA. Méthodologie et aperçu géologique

Rapport

BRGM/RP-59239-FR
Décembre 2010

La carte géologique harmonisée de la zone d'emprise du programme LGV-PACA. Méthodologie et aperçu géologique

Rapport

BRGM/RP-59239-FR
Décembre 2010

Travail réalisé dans le cadre du projet
de Service public du BRGM 2010 PSP10PAC53

E. Egal

Avec la collaboration de G. Gonzalez

Vérificateur :

Original signé par G. GONZALEZ

Date :9 décembre 2010

Approbateur :

Original signé par D. DESSANDIER

Date : 9 décembre 2010

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : Région PACA – LGV – Carte géologique harmonisée – Chaîne provençale – Socle hercynien – Massifs des Maures, de l'Estérel et du Tanneron – Chaînes subalpines méridionales – Pays niçois.

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

EGAL E. (2010) avec la collaboration de G. GONZALEZ - La carte géologique harmonisée de la zone d'emprise du programme LGV-PACA. Méthodologie et aperçu géologique. Rapport BRGM RP-59239-FR, 22 p, 2 figures.

Synthèse

Dans le cadre du programme LGV PACA qu'il pilote, Réseau Ferré de France a notamment commandé au BRGM (commande n°10005902) une carte géologique numérique harmonisée (ArcGis, Lambert 93) de l'ensemble de la zone d'emprise du programme. Celle-ci recouvre une superficie de 3562 km² entre Marseille et Monaco. Cette carte est accompagnée d'un tableau d'harmonisation sous format Excel qui liste de façon chronologique hiérarchisée les formations de la carte et établit la correspondance avec les formations originelles des coupures à 1/50 000 qui ont permis la réalisation de la carte harmonisée.

La méthodologie de réalisation et une aide à la lecture de la carte harmonisée ainsi qu'un aperçu géologique sont présentés dans ce rapport.

La zone d'emprise du projet LGV-PACA s'étend sur trois départements (06, 83, 13) et 14 cartes à 1/50 000 originelles.

Le travail d'harmonisation de la cartographie géologique à 1/50 000 permet, sur une zone concernant plusieurs coupures régulières à cette échelle, de noter, nommer et représenter de manière homogène une même formation sur l'ensemble de la zone à harmoniser. Ce travail d'harmonisation se fait sans intervention nouvelle sur le terrain.

La zone d'emprise du projet forme une bande irrégulière orientée WSW-ENE. Elle couvre plusieurs domaines géographiques et géologiques ainsi que des terrains d'âge et de nature variés.

Les formations carbonatées mésozoïques sont prédominantes dans la zone d'emprise du projet. Il s'agit principalement de formations calcaires ou dolomitiques plus ou moins massives déplacées et déformées qui constituent des barres calcaires parfois épaisses (Urgonien) mises en relief par la tectonique chevauchante provençale. Par ailleurs, la présence de failles chevauchantes à remplissage triasique potentiel de gypse et cargneule est un fait géologique à prendre en compte dans le cadre d'un projet de génie civil.

Les formations schisto-gréso-conglomératiques et volcaniques permienes sont bien développées dans la partie centrale de la zone du projet.

Les formations métamorphiques et magmatiques du socle hercynien sont peu représentées dans la zone d'emprise sauf au niveau du Massif du Tanneron. Il s'agit principalement de roches cohérentes et plutôt massives (gneiss, micaschistes et granites).

Les formations cénozoïques sont peu étendues à l'échelle du projet mais prennent une importance certaine dans le secteur de Marseille (bassin oligocène gréso-arglio-conglomératique) et de Nice (argiles et marnes pliocènes du bassin de l'embouchure du Var).

Sommaire

1. Introduction, contexte général	7
2. Méthodologie de réalisation et contenu de la carte géologique harmonisée ...	9
2.1. PRINCIPE DE L'HARMONISATION.....	9
2.2. METHODOLOGIE DE REALISATION DE LA CARTE HARMONISEE	10
2.2.1. Corrélation des formations : le tableau d'harmonisation	10
2.2.2. Harmonisation des contours	11
2.3. LECTURE DE LA CARTE HARMONISEE LGV-PACA ET DE SON TABLEAU D'HARMONISATION	11
2.3.1. Les attributs des polygones des formations géologiques harmonisées ...	12
2.3.2. Coordonnées géographiques	14
2.3.3. Le tableau d'harmonisation	15
3. Aperçu géologique	17
3.1. PRESENTATION GENERALE	17
3.2. LE SOCLE HERCYNIEN METAMORPHIQUE ET MAGMATIQUE.....	18
3.2.1. Les terrains métamorphiques anté-carbonifères	18
3.2.2. Les massifs granitiques carbonifères	19
3.3. LES TERRAINS VOLCANIQUES ET SEDIMENTAIRES CARBONIFERES ET PERMIENS	19
3.4. LA COUVERTURE MESOZOÏQUE (PROVENCE ET ARC DE NICE).....	20
3.4.1. La couverture provençale	20
3.4.2. L'arc de Nice.....	21
3.5. LES TERRAINS CENOZOÏQUES	21
3.5.1. Les formations cénozoïques ante-quaternaires	21
3.5.2. Les formations quaternaires	22
3.6. CONCLUSION	22

Liste des illustrations

Figure 1 – Extrait de l'échelle stratigraphique pour la période (ou système) du Crétacé de l'ère mésozoïque (ou secondaire).....	14
Figure 2 – Extrait de la carte géologique à 1/1 000 000 de la France (version 6bis, Chantraine et al., 2003, BRGM Ed.) et zone d'emprise du projet LGV-PACA.	17

1. Introduction, contexte général

Dans le cadre du programme LGV PACA qu'il pilote, Réseau Ferré de France a commandé au BRGM (commande n°10005902) un ensemble de données et documents géologiques et notamment, pour ce qui nous intéresse ici, une carte géologique numérique harmonisée de l'ensemble de la zone d'emprise du programme. Celle-ci recouvre une superficie de 3562 km² entre Marseille et Monaco.

La carte géologique harmonisée est fournie sous forme numérique (ArcGis, Lambert 93). Cette carte est accompagnée d'un tableau d'harmonisation sous format Excel qui liste de façon chronologique hiérarchisée les formations de la carte et établit la correspondance avec les formations originelles des coupures à 1/50 000 qui ont permis la réalisation de la carte harmonisée.

La méthodologie de réalisation ainsi qu'une aide à la lecture de la carte harmonisée sont décrites ci-après dans ce rapport.

Un bref aperçu géologique est ensuite proposé afin de présenter les principales entités géologiques de la zone concernée et la structuration d'ensemble.

2. Méthodologie de réalisation et contenu de la carte géologique harmonisée

2.1. PRINCIPE DE L'HARMONISATION

La géologie du territoire français est représentée à 1/50 000 sur un ensemble de plus de 1100 (1127) cartes, feuilles ou coupures qui ont été levées dans le cadre d'un programme national. Ce programme est en voie d'achèvement mais aura duré une soixantaine d'années et aura concerné plusieurs générations de géologues. De ce fait, les coupures qui composent la couverture nationale à 1/50 000 ne sont pas homogènes dans la nature des objets géologiques figurés comme dans la façon de les interpréter et les représenter.

Le travail d'harmonisation de la cartographie géologique à 1/50 000 permet, sur une zone concernant plusieurs coupures régulières à cette échelle, de noter, nommer et représenter de manière homogène une même formation sur l'ensemble de la zone à harmoniser. Il s'agit donc de fournir une cartographie géologique homogène et continue sur l'ensemble de la zone concernée avec le même degré de précision que les originaux. Il ne s'agit donc pas d'une carte simplifiée, même si certaines simplifications locales sont inévitables (voir plus loin) et des adaptations ou « lissages » de contours sont parfois nécessaires aux limites de coupures à 1/50 000. Ce travail d'harmonisation se fait uniquement à partir des cartes existantes **sans intervention nouvelle sur le terrain**.

La zone d'emprise du projet LGV-PACA s'étend sur trois départements (06, 83, 13). La carte géologique harmonisée de cette zone a été établie à partir des cartes déjà harmonisées par le BRGM à l'échelle départementale. Ces cartes départementales résultent elles-mêmes d'une harmonisation des différentes coupures régulières à 1/50 000 qui couvrent le territoire de chaque département. **Le territoire de la zone d'emprise du projet concerne 3 cartes départementales et 14 cartes à 1/50 000** originelles (en comptant la feuille St-Tropez n° 1047 concernée sur une superficie très réduite). L'harmonisation des cartes géologiques départementales ainsi qu'une harmonisation régionale partielle (utilisée pour ce travail) ont été réalisées par G. Gonzalez, Géologue régional du BRGM SGR/PAC.

Le travail d'harmonisation à l'échelle pluridépartementale de la zone d'emprise du projet a été effectué en partant des cartes harmonisées départementales, mais avec des contraintes réduites : 1 - les cartes départementales, toutes réalisées récemment, sont déjà relativement homogènes entre elles, et 2 - il n'y a pas d'incohérences de contours entre les cartes départementales puisque les limites des départements sont incluses dans des cartes à 1/50 000 (elles ne se superposent pas aux limites de cartes à 1/50 000) : les contours traversent les limites de départements de façon homogène.

La carte harmonisée ne présente bien sûr en rien un caractère définitif. Elle rend simplement compte de l'état actuel de la cartographie dans la zone considérée et est

amenée à être améliorée (toute cartographie géologique est évolutive) notamment dans les zones correspondant à des coupures à 1/50 000 particulièrement anciennes.

NB : la carte harmonisée étant issue des cartes régulières à 1/50 000, cette échelle constitue par conséquent l'échelle de référence de cette synthèse. Si la version numérique issue de ces cartes permet effectivement de « zoomer » et de visualiser un secteur précis à une échelle beaucoup plus fine que celle du 1/50 000 (jusqu'à la limite de lisibilité sur un écran d'ordinateur), il est important de garder à l'esprit qu'il s'agira toujours d'une carte à 1/50 000 agrandie et que le tracé des contours sera d'autant moins précis que le zoom sera important, la restitution des limites géologiques observées sur le terrain est en effet au mieux de 25 m soit 0,5 mm sur la carte au 1 :50 000, et ceci dans les meilleurs conditions d'affleurement.

2.2. METHODOLOGIE DE REALISATION DE LA CARTE HARMONISEE

2.2.1. Corrélation des formations : le tableau d'harmonisation

Le travail d'harmonisation consiste d'abord à corrélérer, à partir des intitulés et des descriptions des notices, les entités cartographiques (*formations*) équivalentes d'une carte à 1/50 000 à l'autre, mais notées ou nommées différemment sur chacune des cartes. Il peut être également nécessaire de regrouper plusieurs formations d'une même carte afin d'assurer la cohérence et la continuité avec la carte voisine (une entité distinguée sur une carte peut correspondre à plusieurs formations sur une carte contiguë). Des regroupements importants peuvent également être nécessaires par exemple dans certains types de dépôts quaternaires lorsque, sur certaines cartes à 1/50 000, des distinctions locales non significatives sont proposées.

Ces corrélations et regroupements sont consignés dans un tableau de corrélation ou tableau d'harmonisation qui est fourni sous format numérique Excel (extrait simplifié sur tabl. 1) et au sein duquel les notations et attributions d'origine des différents terrains sont indiquées.

Pour chaque formation harmonisée, un code unique, une notation révisée selon les normes actuelles (Andreieff ed., 1997, Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000, Documents du BRGM 260) ainsi qu'une description ou tout autre information sont fournis dans le tableau d'harmonisation.

Base de la démarche d'harmonisation, le tableau permet en outre une traçabilité des modifications réalisées.

CARTE HARMONISEE	1022 - Brignoles	1023 - Draguignan	1024 – Fréjus-Cannes
m2-4M	mM	m2, m2a	--
c6b-e3	e3-4, c7b-e3	e3-1 – c8	--
j3-4	j2-3	--	j2b-3
lept		ãa	í3

Tableau 1 : Extrait simplifié du tableau d'harmonisation

Dans la mesure du possible, le travail d'harmonisation vise à limiter les regroupements de plusieurs formations d'une même carte à 1/50 000 : l'objectif est de demeurer le plus fidèle possible aux levés cartographiques réalisés à l'échelle du 1/50 000, et d'essayer de conserver le maximum de données cartographiques fournies par ces documents. De ce fait, les regroupements ne concernent parfois que les entités (*polygones*) d'une formation localisés sur la frontière entre deux cartes à 1/50 000 : ces regroupements sont faits localement lors de l'harmonisation graphique des contours et n'apparaissent pas dans le tableau d'harmonisation.

2.2.2. Harmonisation des contours

Le travail d'harmonisation reprend pour l'essentiel les contours édités avec les cartes à 1/50 000 pour la plupart disponibles au BRGM sous forme vectorisée.

Dans un certain nombre de cas, ces contours doivent cependant être adaptés aux bordures des cartes du fait d'incohérences entre cartes contiguës. Plusieurs types de modifications par rapport à la carte originale peuvent être introduits, notamment :

- la **modification** du tracé de certains contours géologiques décalés au niveau de la limite de deux cartes voisines ; dans ce cas le travail d'harmonisation consiste à proposer un nouveau contour continu en adoptant une position intermédiaire ou en se calant celui des deux qui apparaît le plus fiable : il est généralement préférable de trancher dans le sens des travaux les plus récents ;

- la **suppression** de certains contours en raison du regroupement de plusieurs unités lithostratigraphiques en une seule unité afin de permettre une continuité latérale des entités cartographiques aux limites de deux cartes différemment découpées ;

- la **création**, en dehors de tout contrôle de terrain, de contours nouveaux : lorsqu'un contour s'interrompt en limite de carte et ne se poursuit pas sur la carte voisine, si on veut conserver le contour existant pour ne pas appauvrir l'information géologique (pas de regroupement), il s'agit généralement de boucler le contour à proximité de la limite entre les deux cartes (sur le territoire de l'une ou de l'autre) ; dans ce cas, les contours doivent être redessinés en s'appuyant sur la géométrie des contours du secteur et sur les données topographiques du fond cartographique à 1/50 000 et sont représentés en tiretés. Les discontinuités naturelles (failles, rivières) peuvent aussi servir, un peu artificiellement, de limite cartographique entre pages différemment subdivisées.

2.3. LECTURE DE LA CARTE HARMONISEE LGV-PACA ET DE SON TABLEAU D'HARMONISATION

La carte harmonisée numérique présentée est constituée de deux « couches » qui décrivent respectivement les polygones des formations géologiques et les failles qui composent la carte harmonisée. Les objets de chacune de ces couches sont caractérisés et renseignés via une table attributive.

Au sein de la couche des failles, sont distinguées celles qui sont « observées », représentées en trait plein et celles « supposées » représentées par des tiretés.

Au sein de la couche des polygones géologiques, chaque polygone est caractérisé par un ensemble de codes, notation, couleur et descriptif spécifiques qui permettent de l'identifier et constituent autant « d'attributs » du polygone et de la formation à laquelle ils se rattachent. Ces attributs sont décrits ci-dessous.

Le contenu du tableau d'harmonisation fourni avec la carte harmonisée est également décrit dans ce chapitre.

2.3.1. Les attributs des polygones des formations géologiques harmonisées

Département

Ce numéro fait référence au département (06, 13 ou 83) sur lequel se localise le polygone concerné ;

Code

Il s'agit d'un code numérique de 1 à 3 chiffres qui constitue, avec la notation, l'identifiant principal de la formation à laquelle se rattache le polygone. Chaque **code est spécifique** d'une formation unique. **304 formations** géologiques sont distinguées.

Légende

Ce code indique la position de chaque formation dans la légende mise en forme sous ArcGis.

Notation

Chaque formation est désignée par une notation de type alphanumérique spécifique de la formation concernée.

Exception faite des formations magmatiques et métamorphiques (voir page suivante), les notations harmonisées sont adaptées aux normes actuelles établies par le Comité de la Carte Géologique de la France (Andreieff éd., 1997) et calées sur une « échelle stratigraphique » actualisée ; elles sont donc souvent différentes de celles figurant sur les anciennes cartes géologiques à 1/50 000 et généralement obsolètes.

Les formations sédimentaires non ou peu métamorphiques et ante-quatérnaires sont notées en fonction de leur âge stratigraphique. La première lettre d'une notation (j, c, e, etc..) fait référence à la série (j = Jurassique ; c = Crétacé, etc..), et le chiffre qui suit se rapporte à l'étage dans la série (ex : j6 = Kimméridgien, étage du Jurassique). Lorsque l'étage est subdivisé en inférieur, moyen et supérieur, une lettre minuscule est ajoutée

à la notation : a pour inférieur, b pour moyen ou c pour supérieur (ex : j6a = Kimméridgien inférieur). La présence de plusieurs formations de même âge conduit à rajouter aux notations, afin de les différencier, une ou plusieurs lettres majuscules pour caractériser une dominante pétrographique de la formation et/ou le nom de la formation par son initiale.

Pour les formations superficielles quaternaires, des notations spécifiques et variées sont utilisées en fonction du type de formation (éboulis, alluvions fluviales, colluvions, etc...) et de leur âge relatif.

Pour les formations magmatiques ou métamorphiques (massifs des Maures, de l'Estérel et du Tanneron), par souci de commodité et contrairement à l'usage pour la carte de France à 1/50 000, nous n'avons pas repris les notations sous forme de lettres grecques (celles-ci étant difficiles à utiliser par le biais des logiciels de SIG ou autres) ; nous avons donc utilisé un lettrage en lettres latines minuscules pour caractériser la lithologie voire la minéralogie, auxquelles s'ajoutent éventuellement une ou plusieurs lettres majuscules en référence au nom de la formation concernée.

Description (intitulé)

Il s'agit d'une description lithologique brève qui synthétise les descriptions issues des cartes à 1/50 000 et liste les principaux types de roches qui composent une formation. Cette description constitue l'intitulé de la formation concernée. L'âge de la formation n'est pas indiqué ici sauf quand il s'agit de faire intervenir un terme stratigraphique particulier qui a par exemple valeur de « faciès » ou relève d'un usage « historique ». Le nom local ou régional de la formation est généralement indiqué quand il en existe un.

Etage ; Série ou époque ; Système ou période ; Ere ou érathème

L'âge d'une formation est donné à travers **4 niveaux de classement chronologique dans l'échelle (chrono)stratigraphique**, depuis l'étage jusqu'à l'ère (ou érathème) (figure 1).

Crétacé	Supérieur c	Maastrichtien c6	65.5 ±0.3
		Campanien c5	70.6 ±0.6
		Santonien c4	83.5 ±0.7
		Coniacien c3	85.8 ±0.7
		Turonien c2	89.3 ±1.0
		Cénomannien c1	93.5 ±0.8
	Inférieur n	Albien n6	99.6 ±0.9
		Aptien n5	112.0 ±1.0
		Barrémien n4	125.0 ±1.0
		Hauterivien n3	130.0 ±1.5
		Valanginien n2	136.4 ±2.0
		Berriasien n1	140.2 ±3.0
		145.5 ±4.0	

Figure 1 – Extrait de l'échelle stratigraphique pour la période (ou système) du Crétacé de l'ère mésozoïque (ou secondaire). Le Crétacé se divise en deux séries ou époques (Crétacé inférieur et supérieur) et 12 étages (colonne de droite). Les chiffres à droite correspondent aux âges absolus des limites d'étages en millions d'années).

L'**étage** correspond à l'unité temporelle de base de l'échelle stratigraphique.. La durée définie par un étage est généralement de l'ordre de quelques millions d'années (le plus souvent entre 3 et 8 Ma, rarement supérieur à 10, inférieur à 1 pour les étages les plus récents) pour les terrains phanérozoïques (de 0 à 542 millions d'années). Les terrains ante-phanérozoïques (protérozoïques ou archéens) ou précambriens ne sont pas divisés en étages.

Une **série** ou une **époque** stratigraphique regroupe plusieurs étages sur une durée généralement de 10 à 30 Ma (Ma = millions d'années), rarement plus, pour les temps phanérozoïques (pas de séries ou époques définies pour les temps antérieurs).

Un **système** ou une **période** stratigraphique regroupe plusieurs séries ou époques sur une durée généralement de plusieurs dizaines de millions d'années (jusqu'à 70 Ma pour le Jurassique ou le Crétacé) sauf pour les terrains très récents post-miocènes (durée nettement plus courte) ou pour les terrains protérozoïques (durée plus longue, de 150 à 200 Ma).

Une **ère** ou un **érathème** regroupe plusieurs systèmes ou périodes stratigraphiques. C'est le niveau de classement le moins précis fourni pour donner un âge aux formations. Il concerne des durées de 65 à ~ 300 Ma pour le Phanérozoïque.

2.3.2. Coordonnées géographiques

Toutes les coordonnées concourant à la description géométrique des données répondent aux caractéristiques suivantes :

- système géodésique : RGF93
- ellipsoïde : IAG GRS 1980
- méridien origine : Greenwich
- projection : Lambert 93
- unité : mètre

2.3.3. Le tableau d'harmonisation

Le tableau d'harmonisation est fourni sous forme numérique (Excel). Il comprend une liste de toutes les formations qui composent les trois cartes départementales dans la zone d'emprise du projet. C'est-à-dire qu'une même formation de la carte harmonisée finale peut-être représentée sur plusieurs lignes du tableau (surlignées en bleu pâle ou vert pâle) si elle est présente sur plusieurs cartes départementales. Elle apparaîtra alors avec les mêmes code, notation et intitulé (description) mais avec un code départemental spécifique (département_code) faisant référence à la carte départementale d'origine. Ce tableau est une synthèse des harmonisations départementales dans la zone concernée avant l'harmonisation finale pluridépartementale par regroupement des formations identiques.

Les formations sont constituées d'un ensemble de colonnes qui correspondent pour partie aux colonnes de la table attributive de la carte harmonisée (code, notation, étage) auxquelles s'ajoutent les colonnes relatives aux informations départementales et les 14 colonnes correspondant aux 14 cartes à 1/50 000 à partir desquelles a été réalisée l'harmonisation (avec équivalence des notations, cf. § Méthodologie).

3. Aperçu géologique

3.1. PRESENTATION GENERALE

La zone d'emprise du projet forme une bande irrégulière orientée WSW-ENE. Elle couvre plusieurs domaines géographiques et géologiques ainsi que des terrains d'âge et de nature variés (figure 2).

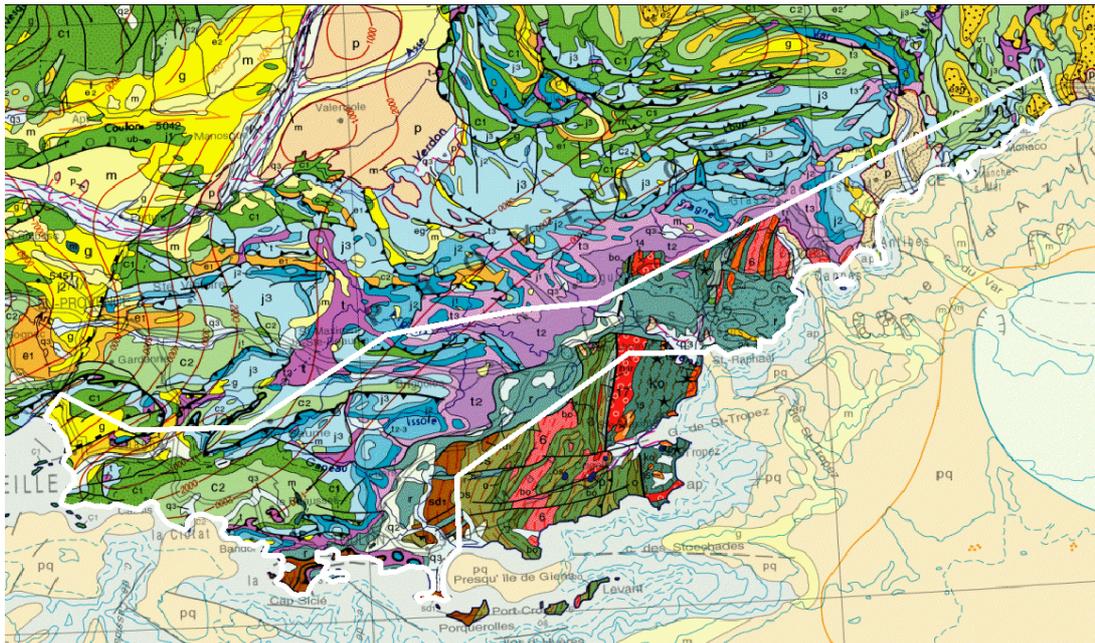


Figure 2 – Extrait de la carte géologique à 1/1 000 000 de la France (version 6bis, Chantraine et al., 2003, BRGM Ed.) et zone d'emprise du projet LGV-PACA. On distingue le socle hercynien (Maures et Tanneron, représentés par une mosaïque de marron, vert terne, kaki, rose et rouge), le « tégument » permien (en gris), la couverture mésozoïque (Provence et arc de Nice) du Trias (en mauve et violet) au Jurassique (en bleu) et au Crétacé (en vert), et les terrains cénozoïques (en jaune et beige) dont les alluvions quaternaires (en gris pâle).

On distingue principalement les terrains cristallins (roches +/- métamorphiques et plutoniques) du socle hercynien paléozoïque à antérieur qui forment les massifs des Maures et du Tanneron, les terrains sédimentaires et volcaniques permien et localement carbonifères qui pour l'essentiel bordent les massifs hercyniens et forment notamment le Massif de l'Estérel, la couverture sédimentaire mésozoïque (de Provence et de l'arc subalpin de Nice, et des terrains cénozoïques localisés principalement au nord de Marseille et de part et d'autre de l'embouchure du Var.

Les formations mésozoïques et permien sont les plus représentées dans la zone d'emprise du projet.

Nous présentons de manière succincte dans ce qui suit les principales lithologies de chacun des grands domaines ainsi que leur structuration. Ces descriptions sont essentiellement basées sur la cartographie géologique harmonisée et les cartes synthétiques à 1/250 000 et leurs notices de la zone concernée (feuilles de Marseille, Rouire, 1979, et de Nice, Rouire et al, 1980, BRGM éditeur). Cet aperçu ne résulte pas d'une recherche bibliographique actualisée et n'intègre pas d'éventuels données ou résultats récents.

3.2. LE SOCLE HERCYNIEN METAMORPHIQUE ET MAGMATIQUE

Dans l'emprise de la zone du projet, ces terrains sont relativement peu représentés, ils correspondent d'une part aux parties occidentale et septentrionale du Massif des Maures et d'autre part au Massif du Tanneron dans sa quasi globalité.

3.2.1. Les terrains métamorphiques anté-carbonifères

Le Massif du Tanneron, comme la bordure septentrionale du Massif des Maures, est constituée en grande partie de terrains métamorphiques comprenant des micaschistes, des gneiss, des migmatites et des amphibolites. Il s'agit d'anciennes roches sédimentaires ou magmatiques métamorphisées au cours de l'orogénèse hercynienne (ou varisque), il y a environ 400 à 350 millions d'années (Ma) pendant la période allant du Dévonien au Carbonifère inférieur. L'âge des formations originelles (protolithes) est mal connu mais une partie des granitoïdes ultérieurement transformés en orthogneiss s'est mise en place à la fin du Néoprotérozoïque (~ 600 Ma avant notre ère) au cours du cycle « cadomien ». Les sédiments à l'origine des micaschistes, quartzites et paragneiss sont rapportés à la fin du Protérozoïque et au Paléozoïque inférieur.

Les différentes formations hercyniennes des Maures septentrionales et du Tanneron forment des unités aux limites subverticales et d'orientation cartographique subméridienne. Quelques couloirs mylonitiques et des failles cassantes suivent également cette orientation principale et soulignent certains contacts entre les unités. Au sein de ces dernières, l'anisotropie intime des roches (leur foliation métamorphique) est elle-même d'orientation subverticale et sub-méridienne.

La partie occidentale du Massif des Maures est constituée d'un ensemble de terrains sédimentaires schisto-gréseux peu métamorphiques fréquemment distingués sous le terme imprécis de « phyllades ». Des niveaux de quartzites sont individualisés au sein de celles-ci. Ces métasédiments sont rapportés au Paléozoïque inférieur, plus précisément de l'Ordovicien au Dévonien inférieur (~ 500 à 380 millions d'années). Les terrains les plus orientaux apparaissent plus anciens (Ordovicien à Silurien) que ceux situés plus à l'ouest (Silurien à Dévonien inférieur) mais la limite entre les deux domaines n'est pas localisée précisément sur les cartes à 1/50 000.

Les métasédiments de la partie occidentale des Maures présentent une orientation SSW-NNE (limites des entités et schistosité interne) mais les contacts cartographiques sont décalés par une série de failles d'orientation sub-équatoriale.

3.2.2. Les massifs granitiques carbonifères

Plusieurs intrusions granitiques, tardi à post-tectoniques se sont mises en place dans le socle hercynien au cours du Carbonifère supérieur (et du Permien inférieur ?).

Le granite du Plan de la Tour constitue le principal massif granitique de la région. Seule son extrémité nord est incluse dans la zone d'étude. Il s'agit d'un granite porphyroïde (faciès principal) qui traverse l'encaissant gneissique et micaschisteux du Massif des Maures.

Plus au nord, au niveau de l'extrémité occidentale du Massif du Tanneron, la partie méridionale du granite du Rouet est incluse dans la zone d'étude. Ce granite est également pour partie porphyroïde et peut être considéré comme le prolongement du granite du Plan de la Tour.

Enfin, juste à l'est du granite du Rouet, le granite à tourmaline de St-Paul forme une intrusion allongée de petite dimension.

3.3. LES TERRAINS VOLCANIQUES ET SEDIMENTAIRES CARBONIFERES ET PERMIENS

Les terrains sédimentaires et volcaniques carbonifères sont peu représentés sur le territoire de la carte harmonisée. Ils sont préservés au sein des bassins ou fossés du Reyran au sein du Massif du Tanneron et du Plan de la Tour dans le NE du Massif des Maures. Tous deux allongés selon une orientation subméridienne ces petits bassins sont constitués de sédiments détritiques d'origine continentale (fluviale), grésoschisteux à conglomératiques qui se sont déposés au sein de fossés étroits à la fin de l'orogénèse varisque au Carbonifère supérieur et plus précisément au Stéphaniens (vers 300-310 millions d'années). Des roches volcaniques à « hypovolcaniques » (rhyolites et microgranites) sont bien développées dans le bassin du Plan de la Tour.

Localement, les terrains carbonifères forment également, en discordance sur le socle hercynien, des niveaux sédimentaires détritiques (pour partie carbonatés) d'âge carbonifère supérieur à stéphano-permien à la base d'abondants dépôts permien.

Les terrains permien (~ 300 à 250 Ma) sont abondamment développés au sein d'une vaste zone dépressionnaire en bordure des massifs cristallins hercyniens (grand bassin du Var) et couvrent une part importante de la superficie de la zone d'emprise du projet. Ils reposent en discordance sur ces derniers et en constitue le « tégument » suivant l'appellation couramment usitée. Ils sont constitués de terrains sédimentaires détritiques continentaux pélitiques (dominante) à grésos-conglomératiques et de roches volcaniques de composition variée mais principalement « acide » (rhyolites étendues du massif de l'Estérel) traduisant un magmatisme de rift (contexte extensif). Les conditions continentales de dépôt des sédiments permien sous climat tropical expliquent leur teinte rouge caractéristique.

Le contact discordant des terrains permien avec le socle hercynien sous-jacent est actuellement faillé.

3.4. LA COUVERTURE MESOZOÏQUE (PROVENCE ET ARC DE NICE)

Les terrains sédimentaires mésozoïques couvrent la superficie la plus importante de la zone d'étude. Ils affleurent largement dans toute la partie occidentale de celle-ci et sur une superficie réduite à l'est du Tanneron (couverture provençale) et à l'extrémité orientale de la zone étudiée (arc de Nice). Il s'agit essentiellement d'anciens sédiments marins carbonatés.

3.4.1. La couverture provençale

Lithostratigraphie

La couverture sédimentaire mésozoïque de Provence repose sur les terrains permien ou dans certains cas, directement sur le socle hercynien. Très complète, cette couverture débute par des terrains du Trias inférieur au contact du socle ou du Permien et se poursuit vers l'ouest par des terrains jurassiques puis crétacés. A de très rares exceptions près, tous les étages stratigraphiques sont représentés.

Les terrains triasiques (~ 250-200 millions d'années) débutent par des « grès bigarrés » (Trias inférieur) surmontés par un ensemble essentiellement calcaire-dolomitique (rares évaporites) du Trias moyen, puis par les calcaires, dolomies, marnes, argiles, gypses et cargneules du Trias supérieur. La présence d'évaporites dans la série triasique a favorisé les décollements tectoniques responsables de l'actuelle architecture complexe de la couverture mésozoïque et notamment d'intrications entre les terrains triasiques et jurassiques.

Les grès du Trias inférieur forment généralement un liseré fin et peu épais au contact du Permien ou du socle hercynien alors que les formations du Trias moyen et supérieur couvrent une superficie cartographique importante : elles constituent un des ensembles les plus représentés dans la zone d'emprise du projet.

Les formations carbonatées sont dominantes dans les terrains jurassiques (~ 200-145 Ma) de la base au sommet. Elles sont constituées principalement de calcaires, et de dolomies ; les marnes y sont présentes en moindres proportions. En effet on ne retrouve pas les épaisses séries argilo-marneuses de type Terres noires très développées plus au nord dans les chaînes subalpines dauphinoises. Les calcaires sont prédominants dans toute la série sédimentaire du Jurassique à la différence des dolomies qui sont principalement développées dans la partie inférieure (Lias) et surtout supérieure (dolomies massives du Tithonien).

Les terrains crétacés (~ 145-65 Ma) affleurent essentiellement dans la partie ouest de la zone d'étude où ils couvrent une superficie importante ; ils sont en partie chevauchés par les terrains jurassiques. Les faciès sont plus variés que pour le Jurassique. On y observe des niveaux détritiques silicoclastiques (grès, poudingues, argiles) mais l'essentiel de la série est carbonatée. Les faciès marneux sont cependant plus développés qu'au Jurassique, notamment au Crétacé inférieur. Ils alternent avec des niveaux, barres ou hautes falaises de calcaires : le faciès urgonien (Crétacé

inférieur) bien développé entre Marseille et Toulon (calcaires très massifs des Calanques) et plusieurs barres de calcaires à Rudistes (Crétacé supérieur).

Intercalés dans la série crétacée, des niveaux latéritiques bauxitiques traduisent l'existence d'une ou plusieurs phases de forte altération supergène continentale.

Géologie structurale

L'ensemble de la couverture mésozoïque provençale est impliquée dans la tectonique alpine provençale, principalement à l'Eocène (phase pyrénéo-provençale). Elle est affectée par de nombreux écaillages, chevauchements et plissements associés (anticlinaux et synclinaux généralement ouverts) qui mettent en relief les formations calcaires et dolomitiques mésozoïques massives. Les terrains évaporitiques (gypse) du Trias et les lithologies associées (cargneules...) qui constituent des niveaux de décollement privilégiés sont impliqués dans les failles en chevauchement.

Les chevauchements sont orientés à peu près E-W avec une vergence généralement vers le nord. De nombreux petits chevauchements sont notamment observés dans la région de Toulon, deux structures majeures peuvent être distinguées à l'échelle régionale. Elles sont représentées sur la carte à 1/1 000 000 (figure 2) : le chevauchement (à pendage sud et donc à vergence nord) de la Sainte-Baume qui se prolonge au sud de Brignoles et le chevauchement à vergence sud affleurant au nord de ce même village.

3.4.2. L'arc de Nice

Les terrains mésozoïques de l'arc de Nice couvrent une superficie relativement réduite à l'extrémité de la zone d'étude. Ils sont moins diversifiés mais lithologiquement proches de ceux de la zone provençale. A l'affleurement, les terrains triasiques sont peu développés et se localisent essentiellement au niveau de failles en chevauchement où ils forment des mylonites à gypse et cargneule (Trias supérieur). Ces chevauchements sont nombreux et traduisent une importante tectonique tangentielle subalpine à vergence sud. L'arc de Nice se raccorde aux chaînons (arcs) subalpins de haute-Provence. Dans le détail, les structures de ce secteur sont complexes du fait des interférences entre les phases pyrénéo-provençale et alpines.

3.5. LES TERRAINS CENOZOÏQUES

3.5.1. Les formations cénozoïques ante-quaternaires

Les terrains cénozoïques ante-quaternaires couvrent une superficie bien moindre que les terrains mésozoïques. Ils se répartissent au sein de plusieurs entités sédimentaires dont deux principales (bassin oligocène de Marseille et bassin pliocène du Var dans les Alpes-Maritimes) et de petits massifs ou pointements volcaniques.

Le bassin de Marseille s'étend à l'est de la ville sur une vingtaine de kilomètres. Il est constitué de terrains sédimentaires d'âge oligocène (~ 34-23 Ma) principalement

d'origine détritico continentale (parfois laguno-marine) : grès, conglomérats, argiles, dans lesquels s'intercalent des calcaires lacustres. Ces terrains sont affectés par les déformations provençales tardives d'âge oligocène et chevauchent localement des terrains mésozoïques.

Nettement plus à l'est, le bassin pliocène (~ 5 à 1 millions d'années) du Var, d'origine marine, s'étend de part et d'autre du fleuve depuis St-Martin-du-Var en amont jusqu'à la côte (Baie des anges). Il comprend des argiles et marnes principalement dans la partie amont et des poudingues épais (300 à 500 m) dans la partie aval.

Deux petits massifs volcaniques cénozoïques se distinguent : des microgranodiorites et microtonalites d'âge éocène à oligocène (50 à 35 Ma), dénommées « estérellites » forme un petit massif à l'est de St-Raphaël, au cœur du Massif de l'Estérel ; plus à l'est, des brèches et tufs andésitiques (du Cap d'Ail) du Miocène (~ 23 à 5 Ma) affleurent au nord d'Antibes.

3.5.2. Les formations quaternaires

Les formations quaternaires (moins de 2,5 millions d'années) sont variées. Elles sont dans l'ensemble peu épaisses sauf en aval des rivières vers la cote en raison de la régression flandrienne (surcreusement flandrien des vallons). Les alluvions (limons, sables, graviers, galets), anciennes à récentes ou actuelles, occupent la superficie la plus importante. Elles sont particulièrement étendues sur la dépression des terrains sédimentaires permien à la périphérie du Massif des Maures.

3.6. CONCLUSION

Les formations carbonatées mésozoïques sont prédominantes dans la zone d'emprise du projet. Elles comprennent notamment des formations calcaires ou dolomitiques massives déplacées et déformées qui constituent des barres calcaires parfois épaisses (Urgonien) mises en relief par la tectonique chevauchante provençale. Les formations triasiques évaporitiques, peu développées en comparaison d'autres formations, jouent cependant un rôle majeur dans la tectonique régionale en favorisant les décollements et se localisent (associées à des cargneules) pour partie au niveau de plans de chevauchements. La présence de ces failles chevauchantes à remplissage triasique potentiel de gypse et cargneule est un fait géologique à prendre en compte dans le cadre d'un projet de génie civil.

Les formations schisto-gréso-conglomératiques et volcaniques (rhyolites prédominantes) permien sont bien développées dans la partie centrale de la zone du projet.

Les formations métamorphiques et magmatiques du socle hercynien sont peu représentées sauf au niveau du Massif du Tanneron. Il s'agit principalement de roches cohérentes et plutôt massives (gneiss, micaschistes et granites).

Les formations cénozoïques sont peu étendues à l'échelle du projet mais prennent une importance certaine dans le secteur de Marseille (bassin oligocène grés-argilo-conglomératique) et de Nice (argiles et marnes pliocènes du bassin de l'embouchure du Var).



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Provence-Alpes-Côtes
d'Azur (SGR/PAC)**
117, avenue de Luminy
BP 168
13276 Marseille cedex 09
Tél. : 04 91 17 74 77