

CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Les Monts de Vaucluse et la Montagne du Luberon (les limites nord et sud de l'entité) sont des massifs carbonatés karstifiés orientés Est-Ouest culminant à 1912 mètres avec le Mont Ventoux. La partie occidentale du plateau oscille entre 300 et 1000 mètres d'altitude tandis que sa partie orientale oscille entre 800 à 1000 mètres.

La chaîne formée par la montagne de Lure et le Mont Ventoux, correspondant à la limite Nord de l'entité, s'allonge sur une distance de 70 km d'Est en Ouest, depuis la moyenne Durance en aval de Sisteron jusqu'à la plaine rhodanienne au Nord de Carpentras. Au Sud, la montagne du Luberon (sommet à 1125 m) s'étend sur environ 60 km.

La Durance, axe hydrographique majeur lié à l'entité, en délimite la partie orientale. La célèbre fontaine de Vaucluse, source de la Sorgues qui s'écoule vers le Nord Ouest, en constitue l'émergence principale.

Le secteur est peu urbanisé, constitué de nombreux hameaux et villages perchés. L'occupation des sols est dominée par la forêt, les pâturages et l'agriculture, notamment la culture de la lavande.

La végétation varie en fonction de l'altitude, de l'étage méso-méditerranéen à l'étage subalpin.

D'après le Recensement Général Agricole de 2000, la Surface Agricole Utilisée est de 16 264 ha, la Surface Toujours en Herbe de 5 947 ha (36% de la SAU).

Le climat est de type subméditerranéen / montagnard. La pluviométrie annuelle moyenne (données Météo France, 2009) varie de 634 mm (station de Manosque, à 289 m d'altitude) à 1149 mm (station de Bédoin, à 1455 m d'altitude).

INFORMATIONS PRINCIPALES

Nature :	Système aquifère
Thème :	Sédimentaire karstique
Type :	Fissuré/karstique
Superficie totale :	2 546 km ²

GEOLOGIE

Les Plateaux de Vaucluse sont issus des dépôts carbonatés datant du Secondaire. L'entité est délimitée à l'Ouest par les formations alluvionnaires du couloir rhodanien, et au Nord-Est par les premières structures subalpines. Les plateaux de Vaucluse se situent aux confins des domaines pyrénéens et alpins. Les phases orogéniques pyrénéo-provençales ont permis la lente remontée vers la surface des formations calcaires.

Le Panneau de couverture Nord-Provençal, (formations carbonatées bédouliennes, de faciès Urgonien), délimité au Nord par le Mont Ventoux et la Montagne de Lure, et au Sud par la montagne du Luberon (anticlinal E-O), est bordé par plusieurs chevauchements. Des décrochements le délimitent à l'Est (accident Durancien) et à l'Ouest (faille de Nîmes). Au sud, les chevauchements relèvent de la tectonique pyrénéenne, tandis qu'au Nord et à l'Est, ils sont liés à l'orogénèse alpine.

Cette structure tabulaire repose sur une couche marneuse imperméable, et sur des structures plus complexes marno-calcaires. En son centre, la structure est recouverte par les formations géologiques constituant le bassin du Coulon-Calavon, succession de marnes gargasiennes, de sables cénomaniens, et d'ensembles marno-calcaires du Miocène.

Les formations géologiques constituant les Calcaires du Crétacé Inférieur des Monts de Vaucluse et de la Montagne de Luberon sont, de la plus récente à la plus ancienne :

- Aptien inférieur (Bédoulien) à faciès Urgonien : il s'agit d'une formation de calcaires blancs, en gros bancs, finement bioclastiques, et riches en silex clairs. Son épaisseur est d'une centaine de mètres à la Montagne de Lure.
- Barrémien calcaire : cet étage est sujet à des variations d'épaisseurs importantes, dont au moins 300 m à la montagne de Lure, et connaît des variations latérales de faciès : constitué en grande partie de calcaires à patine blanche ou très claire, il peut prendre un caractère de calcaire argileux à ammonites et calcaires à silex, notamment au niveau des plateaux de Vaucluse.
- Hauterivien calcaire : jusqu'à 600 m d'épaisseur dans le Luberon, la base de la série est à dominance calcaire, la partie moyenne plutôt marno-calcaire, et la partie supérieure plutôt formée de calcaires en gros bancs compacts
- Valanginien marneux : l'étage peut atteindre jusqu'à 250 m d'épaisseur dans le Luberon où dominent des calcaires marneux jaunâtres et bien lités, voire des marnes jaunes bleuâtres.

La structure générale est caractérisée par de grands accidents tectoniques structurants tels la grande faille de la Fontaine-de-Vaucluse limitant à l'Ouest les Monts de Vaucluse. Le jeu de failles NE-SO affectant le massif Urgonien détermine ainsi une série de fossés d'effondrement de même orientation. Une autre série de failles NO-SE recoupe de manière orthogonale les précédentes, créant ainsi un réseau complexe de fractures, ainsi que des cavités naturelles profondes.

La tectonique cassante a constitué un important réseau de fractures, repris par la karstification. Ces discontinuités favorisent l'infiltration de l'eau provenant des précipitations et du ruissellement.

HYDROGEOLOGIE

L'aquifère est constitué pour l'essentiel des couches carbonatées du Crétacé Inférieur (Hauterivien, Barrémien, Bédoulien) dont la puissance totale peut atteindre 1500 m. Il est limité à sa base par le Valanginien marneux. L'aquifère calcaire du Crétacé Inférieur présente une karstification intense, notamment pour sa partie nord (Mont Ventoux, Montagne de Lure, plateau d'Albion, Monts de Vaucluse). Au regard des observations géologiques et spéléologiques, les couches marneuses ne sont pas suffisantes par rapport à la fracturation pour constituer des couches imperméables. Des nappes perchées peuvent cependant se former au sein de celles-ci. La circulation générale des écoulements est guidée par les principales familles de fractures.

De nombreux indices montrent une forte karstification des terrains carbonatés en plusieurs endroits de l'entité :

- La montagne de Lure se présente sous la forme d'un monoclin, très aride, composé en surface de ravins secs, de diaclases, dolines et avens ;
- Les Monts de Vaucluse sont affectés de phénomènes karstiques très importants ;
- Le plateau de Saint-Christol présente une morphologie de surface plus marquée, caractérisée par des dolines et des ouvalas. Ce plateau est affecté d'un réseau de failles important alignant avens et dolines, souvent colmatés.

L'écoulement au travers des fractures permet une circulation rapide des eaux. Les vitesses d'écoulement issues de traçages, varient de 18 à 208 m/h en fonction de la zone d'injection et des champs de fractures rencontrés. Un axe majeur d'écoulement se dessine suite aux traçages, orienté E-O, correspondant peut-être à un ancien lit de la Durance, occupé en partie par une « rivière souterraine » (Trou Souffleur et rivière d'Albion).

La partie Sud, constituée de la Montagne du Luberon, n'est pas autant karstifiée. Des réseaux de fractures existent cependant et donnent lieu à des sources de moindre importance.

La partie centrale constituée par le bassin du Coulon-Calavon, sous couverture marneuse du Crétacé Supérieur, peut accueillir une nappe localement en charge. Cependant, des études ont montré une grande diversité des systèmes karstiques, avec et sans couverture. Le système karstique sous couverture semble peu productif à l'Est d'Apt, tandis qu'à l'Ouest, les karsts sont plus productifs. Localement, la protection de la ressource est renforcée au droit de cette zone.

La zone non saturée au droit du système karstique de la Fontaine-de-Vaucluse a été évaluée à 800 m, le conduit vertical qui mène l'eau à l'émergence a été exploré jusqu'à la profondeur de 315 m (cote -224 m), qui semble en constituer le fond.

Le débit moyen interannuel de l'émergence de la Fontaine-de-Vaucluse, la plus importante source karstique en France, calculé sur la période 1970-2009 est de 18,3 m³/s, avec des débits moyens journaliers maximal de l'ordre de 85 m³/s et minimal de 3,7 m³/s. Son bassin d'alimentation couvre une superficie de 1210 km².

Le schéma ci-dessous résume le fonctionnement global du système, qui, dans le détail est très complexe :

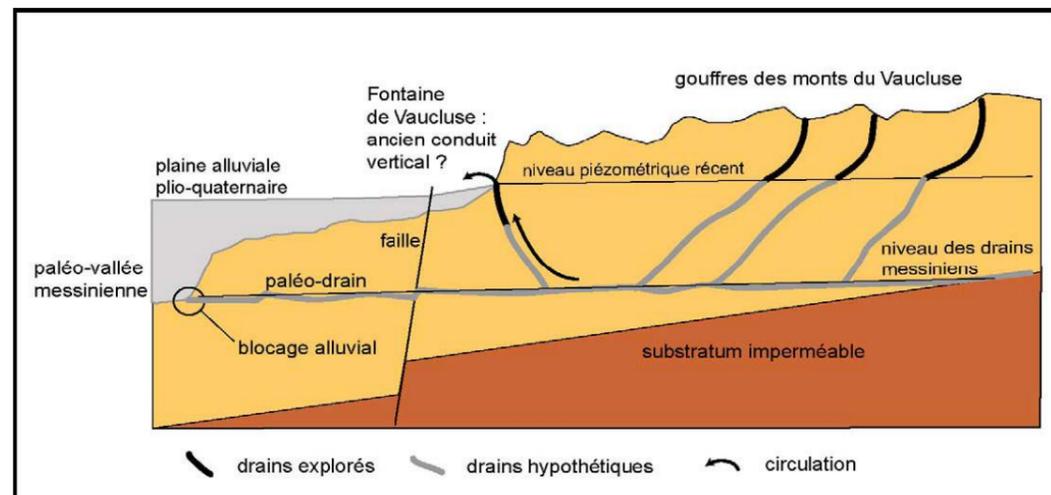


Schéma de fonctionnement (tiré de Gilli et Audra, 2004)

Les modélisations sur le fonctionnement karstique de l'émergence de la Fontaine-de-Vaucluse montre que, selon les périodes (hautes eaux / basses eaux), différents réservoirs imbriqués sont sollicités. Ainsi, en basse eaux, un réservoir à lente décharge restitue l'eau au milieu de surface, tandis qu'en période de hautes eaux, un compartiment à décharge rapide est en outre sollicité. La complexité du système est accrue par l'importance du bassin d'alimentation et l'épaisseur de la zone non saturée en amont de la source.

L'exploitation de l'ensemble karstique de la Fontaine-de-Vaucluse ne sert plus que pour un usage AEP depuis 1995. Les volumes prélevés sont estimés entre 700 000 et 800 000 m³. Elle a été qualifiée de ressource stratégique en 2008 par le SDAGE. 43 sources pérennes sont répertoriées sur l'entité dont 26 sont utilisées pour l'AEP. 25 de ces 46 sources ont un débit inférieur à 10 l/s. L'exploitation de la ressource au niveau du massif du Luberon est faible, les prélèvements n'ont jamais dépassé 25 000 m³/an (forage de Vaugines) (+ Forages du Fangas, commune de Soignon, prélèvements 3000 m³/j, soit 110 000 m³/an en 2010). Outre ces forages, le bassin du Calavon tire la production AEP de captages à faible profondeur dans les nappes du Miocène. Au début des années 1990, les industriels exploitaient environ 1 500 000 m³, mais cet usage a totalement disparu depuis 1995.

Le système karstique bien développé de l'entité entraîne une forte vulnérabilité de l'aquifère en absence de couverture imperméable. De plus, la superficie importante de l'impluvium entraîne un risque accru de pollution, que ce soit agricole, industriel, ou urbain. L'activité agricole comme industrielle est cependant très peu développée sur l'impluvium.

Au sein de cette entité aquifère d'intérêt régional (niveau 2 BD Lisa), une entité de d'intérêt local (niveau 3 BD Lisa) est distinguée : PAC06F1 - Ensemble S - Ventoux / Albion / Monts de Vaucluse / Montagne de La Lure - Source principale : Fontaine-de-Vaucluse :

Au niveau des plateaux de Vaucluse, la pluviométrie est assez conséquente (supérieure à 1 000 mm/an dans les parties hautes), et les précipitations efficaces sont de l'ordre de 620 mm/an. L'alimentation se fait par un vaste impluvium (1 210 km²) correspondant aux flancs Sud du Mont Ventoux et de la montagne de Lure, et s'étendant jusqu'aux reliefs surplombant le bassin d'Apt-Forcalquier. Cette zone ne possède pas de couverture protectrice naturelle limitant les infiltrations. La superficie de l'impluvium entraîne des infiltrations considérables qui se répercutent par transmission de pression très rapidement sur le niveau des eaux souterraines, donc sur les débits à la Fontaine de Vaucluse. Un suivi est effectué régulièrement sur la vasque supérieure (« sorgomètre »), et dans la Sorgue, qui prend naissance à la suite de cette exurgence. Les principales campagnes de traçages, réalisées sur l'impluvium de la Fontaine de Vaucluse, ont permis d'y définir une logique d'écoulements : l'écoulement principal suit une direction E-O, et alimente en quasi-totalité l'exutoire de la Fontaine de Vaucluse.

L'infiltration retardée intervient jusqu'à 90 jours (origine du traçage à plus de 40 km) après les précipitations, ce qui dénote l'importance du karst et du rôle tampon que joue la zone non saturée. La zone noyée est très étendue, la karstification y est profonde.

L'émergence de la Fontaine-de-Vaucluse, à l'extrémité occidentale de l'entité, qui assure le drainage d'au moins 95 % de l'eau, est complexe. Elle est constituée d'une vasque constituant une cheminée d'équilibre au débouché d'un profond escarpement. Les explorations dans le conduit principal vertical ont atteint 310 m à la fin des années 1980. Le réseau de la Fontaine-de-Vaucluse au-delà demeure à ce jour méconnu.

Le niveau dans la vasque est fonction du débit d'émergence. La sortie principale (vasque supérieure), est équipée d'une échelle limnigraphique (le « sorgomètre ») dont le 0 est à la cote +91 m. Un trop plein évacue l'eau quand le débit excède 20,6 m³/s. Des sources secondaires mais pérennes fonctionnent par ailleurs entre les cotes +78 et +83 m.

Par ailleurs, la région du nord Ventoux est caractérisée par une alimentation de nappes perchées ou de zones noyées superficielles sur les contreforts des sommets bordant le synclinal du Toulourenc (Montagne de Bluye, le Rissas, le sommet de la Plate). D'amont en aval, le drainage des réserves noyées par les gros conduits est assez limité.

Le système karstique affecte essentiellement les calcaires bioclastiques du Barrémien supérieur et du Bédoulien à stratification oblique. Parmi les sources qui évacuent les eaux de ces formations, trois résurgences pérennes, de faible débit, apparaissent au pied du Ventoux sur les versants Nord et Ouest (citées par Truc, 1991) :

Font de Martin (front septentrional du Mont Ventoux, sur la commune de Brantes) se déverse dans le lit du Toulourenc. Cette source apparaît dans le fond de la vallée en amont d'un étranglement causé par une faille. La présence d'une autre faille a permis la remontée du substratum, et donc l'émergence de cette source. Les débits d'émergences sont compris entre 30 et 100 l/s

Source de Notre Dame des Anges (Montagne du Rissas). L'exutoire se situe dans la vallée du Toulourenc, sur la commune de Simiane-la-Rotonde. La source présente une grotte qui se poursuit par un drain de type vauclusien (profondeur de 100 m sous l'exutoire), donnant naissance au ruisseau le Toulourenc. Les débits d'émergence varient entre 40 et 100 l/s.

La source du Groseau (au pied du Mont Ventoux, à l'extrémité Ouest de l'entité, sur la commune de Malaucène). Elle apparaît à la faveur d'une faille mettant en contact les calcaires crétacés avec les terrains tertiaires du bassin de Carpentras. Les débits d'émergence varient de 50 à 170 l/s.

Le massif du Luberon, quant à lui, ne participerait que très peu, à l'alimentation de la Fontaine-de-Vaucluse par son versant Nord, à l'inverse des massifs du Ventoux ou de la Montagne de Lure par leurs versants Sud. Il n'existe pas de terrain de couverture au droit de la Montagne du Luberon (précipitations efficaces : 569 mm/an). Au moins deux arguments plaident en faveur de cette assertion : (i) un bilan hydrologique à peu près équilibré à l'échelle du massif (et encore, celui-ci ne tient pas compte de fuites probables dans les alluvions de la Durance), (ii) une minéralisation de l'eau plus élevée dans le Luberon que dans les Monts de Vaucluse et un faciès légèrement différent (influence des évaporites de l'oligocène). A noter quand même que le niveau de l'eau à l'étiage (autour de la cote +100 m) est sensiblement en dessous du fond de la vallée de la Durance, et à une cote similaire à celle niveau noyé le plus bas dans le Trou Souffleur (dans le drain principal qui mène à la Fontaine-de-Vaucluse).

Les exutoires majeurs du massif du Luberon jaillissent sur le versant Sud. La position de la couverture tertiaire, qu'elle soit chevauchée ou chevauchante, détermine le niveau de base des écoulements, ce qui implique l'existence d'une zone noyée en arrière de ces émergences. Parmi les 27 émergences reconnues, seuls 4 exutoires sont importants quantitativement :

Source des Borrays. La source est située sur le versant Sud du Luberon, sur la commune de Mérindol. Elle correspond à l'écoulement d'eaux infiltrées dans les calcaires du petit Luberon restituées à la source à raison de 13 à 200 l/s. Le ruisseau formé se jette au bout de quelques kilomètres dans la Durance,

Source du Mirail (commune de la Motte-d'Ayguès). Les eaux sont issues d'une part de l'Hauterivien supérieur du Grand Luberon, et en quasi-totalité des terrains plus marneux du Crétacé Inférieur. La source se déverse dans l'étang de la Bonde avec un débit qui varie entre 15 et 300 l/s.

Source des Hermitants (commune de la Motte-d'Ayguès) La source (débits compris entre 6 et 100 l/s) est située sur le versant Sud du Luberon. Le ruisseau formé se jette au bout de quelques kilomètres dans la Durance.

Grand Couturas. L'eau provient des calcaires du Grand Luberon, en passant sous le synclinal de Cucuron. Le débit moyen d'émergence est de l'ordre de 20 l/s.

Enfin, au droit du bassin du Coulon-Calavon (entité PAC04B), les formations carbonatées sont recouvertes par d'épaisses formations d'altération et des sols considérés comme imperméables. La circulation sous le Miocène est mal connue. Cependant, à l'Ouest de la ville d'Apt, l'Urgonien affleure. Il présente des formes d'érosion karstique superficielles. Ces dernières semblent comblées par des dépôts s'étendant de l'Albien au Gargasien. Il présente également des vides karstiques profonds. Il semble par contre peu fissuré. Cet affleurement d'Urgonien correspond au karst de Saint-Julien.

DESCRIPTION DE L'ENTITE HYDROGEOLOGIQUE

- **Généralités** : Calcaires karstiques du Crétacé Inférieur (Urgonien), localement sous couverture Tertiaire et Crétacé Supérieur. La ressource principale de l'entité correspond à l'impluvium de la Fontaine-de-Vaucluse dont le débit moyen annuel est de près de 19 m³/s à la résurgence. La ressource est essentiellement localisée dans l'Urgonien Barrémo-Bédoulien et Aptien). La ressource issue de l'émergence de la Fontaine-de-Vaucluse n'est pas exploitée.
- **Limites de l'entité** :
 - Avec PAC04B (Molasse miocène et calcaires oligocènes des bassins Apt / Forcalquier / Ansouis) : imperméable ou faible drainance par la nappe du Crétacé en charge.
 - Avec PAC04A (Molasse miocène du Comtat Venaissin) : Limite imperméable ou faible drainance bien que localement des contacts privilégiés existent par l'intermédiaire de fractures
 - Au Nord, domaines 544E (Calcaires et marnes crétacées et jurassiques due la vallée du Rhône, du Diois et des Baronnies) et PAC10A (Formations schisteuses, gréso-conglomératiques et carbonatées primaires et secondaires des zones Briançonnaises et piémontaises du bassin versant du Guil) : absence de sources, excepté le lit du Toulourenc qui peut faire office de limite.
 - A l'Est et Sud-Est, PAC04C (formations détritiques mio-pliocènes du bassin de Digne-Valensole) et PAC04D (formations crétacées et tertiaires des basse et moyenne vallées de la Durance, limite de bassin-versant) : le flanc sud du massif karstifié de la montagne de Lure est drainé en partie vers l'Ouest (Fontaine-de-Vaucluse) et en partie vers le Nord (cluse de Sisteron). Il existe néanmoins des émergences temporaires importantes en provenance du karst de la Montagne de Lure qui alimentent un affluent de la Durance.
- **Substratum** : Valanginien marneux
- **Lithologie/Stratigraphie du réservoir** : Carbonates du Crétacé Inférieur (Hauterivien, Barrémien, Bédoulien)
- **État de la nappe** : Libre sauf sous entité du bassin du Calavon, les couches tertiaires rendant l'aquifère captif.
- **Type de la nappe** : Monocouche avec localement des nappes perchées
- **Caractéristiques** : Non pertinent pour entité de thème « Karstique ».
- **Prélèvements connus** (source : Agence de l'Eau RM&C 2007) : 800 000 m³, sur une trentaine de points (dont 26 sources et 25 ayant un débit inférieur à 10 l/s).
- **Utilisation de la ressource** : AEP
- **Alimentation naturelle de la nappe** : précipitations
- **Qualité** : Bicarbonatée calcique, plus minéralisée dans le Luberon que dans le plateau de Vaucluse
- **Vulnérabilité** : Forte
- **Bilan** : établi dans le Luberon par Silvestre, 1977 sur l'année 1975 : Excédent de P_{eff} de l'ordre correspondant à un débit moyen de 740 l/s (hors pertes vers la nappe de la Durance).
- **Principales problématiques** : Vulnérabilité potentielle forte par la nature de l'aquifère et son étendue.

BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE

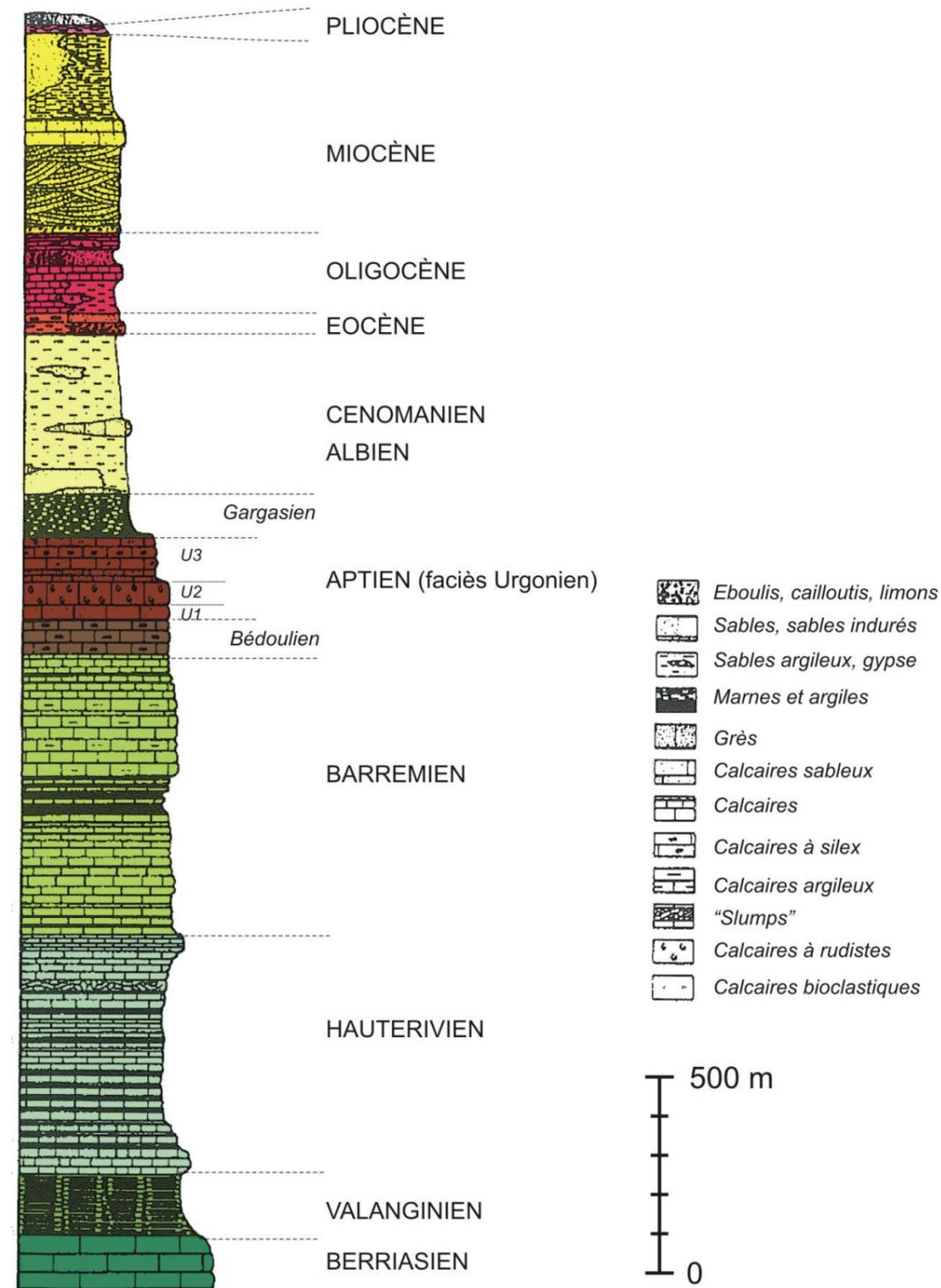
- BLAVOUX B., MUDRY J., PUIG JM., 1993 – Bilan, fonctionnement et protection du système karstique de la Fontaine de Vaucluse. Rapport Laboratoire d'Hydrogéologie de la faculté des sciences d'Avignon.
- COUTURAUD A., 1993 – Hydrogéologie de la partie occidentale du système karstique de Vaucluse, Thèse – Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Coll., 2003 - Etudes Vauclusiennes : Origine et histoire de l'eau dans les hydrosystèmes en Vaucluse et en région méditerranéenne. Bulletin de l'association des Etudes Vauclusiennes n° 70 – juillet-décembre 2003, ISSN 0153-9221.
- DUCLUZAUX B., 2006 – Nouveaux traçages dans le karst de la Fontaine-de-Vaucluse. Proceedings of the 8th conference on Limestone Hydrogeology. Presses Universitaires de Franche-Comté – ISMN 2-84867-143-2.
- PUIG J.M., 1987 – Thèse – Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Le système karstique de la Fontaine de Vaucluse. Publié in Doc BRGM n° 180, 1990.
- GILLI E., AUDRA P., 2004 - Les lithophages pliocènes de la Fontaine-de-Vaucluse (Vaucluse, France). Un argument pour une phase messinienne dans la genèse du plus grand karst noyé de France. C. R. Geoscience 336 (2004), pp. 1481–1489.
- SILVESTRE JP., 1977 – Etude hydrogéologique de la montagne du Luberon. Thèse – Université de Provence.
- TRUC G., 1991 – eau en Vaucluse : origine, fonctionnement, potentiel et qualité des réservoirs aquifères. Document réalisé pour le compte du Conseil Général de Vaucluse.

CARTES GEOLOGIQUES CONCERNEES :

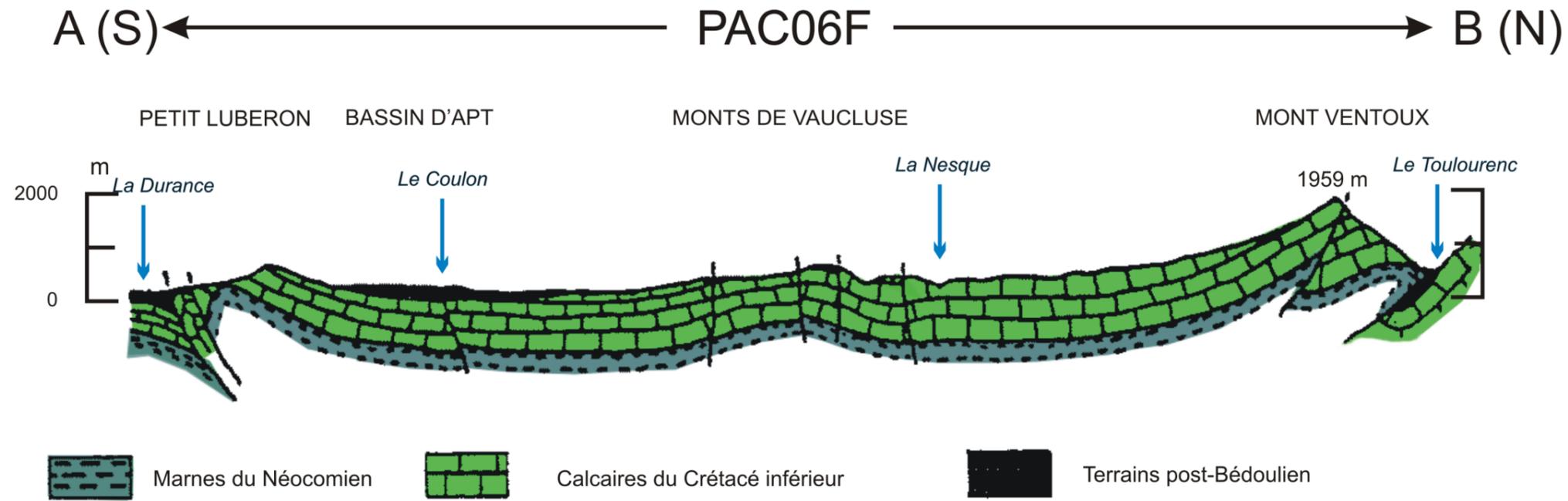
- 1/50 000 – VAISON-LA-ROMAINE – N° 915
- 1/50 000 – SEDERON – N° 916
- 1/50 000 – SISTERON – N° 917
- 1/50 000 – CARPENTRAS – N° 941
- 1/50 000 – SAULT – N° 942
- 1/50 000 – FORCALQUIER – N° 943
- 1/50 000 – CAVAILLON – 967
- 1/50 000 – REILLANE – N° 968
- 1/50 000 – MANOSQUE – N° 969

CARTES HYDROGEOLOGIQUES CONCERNEES :

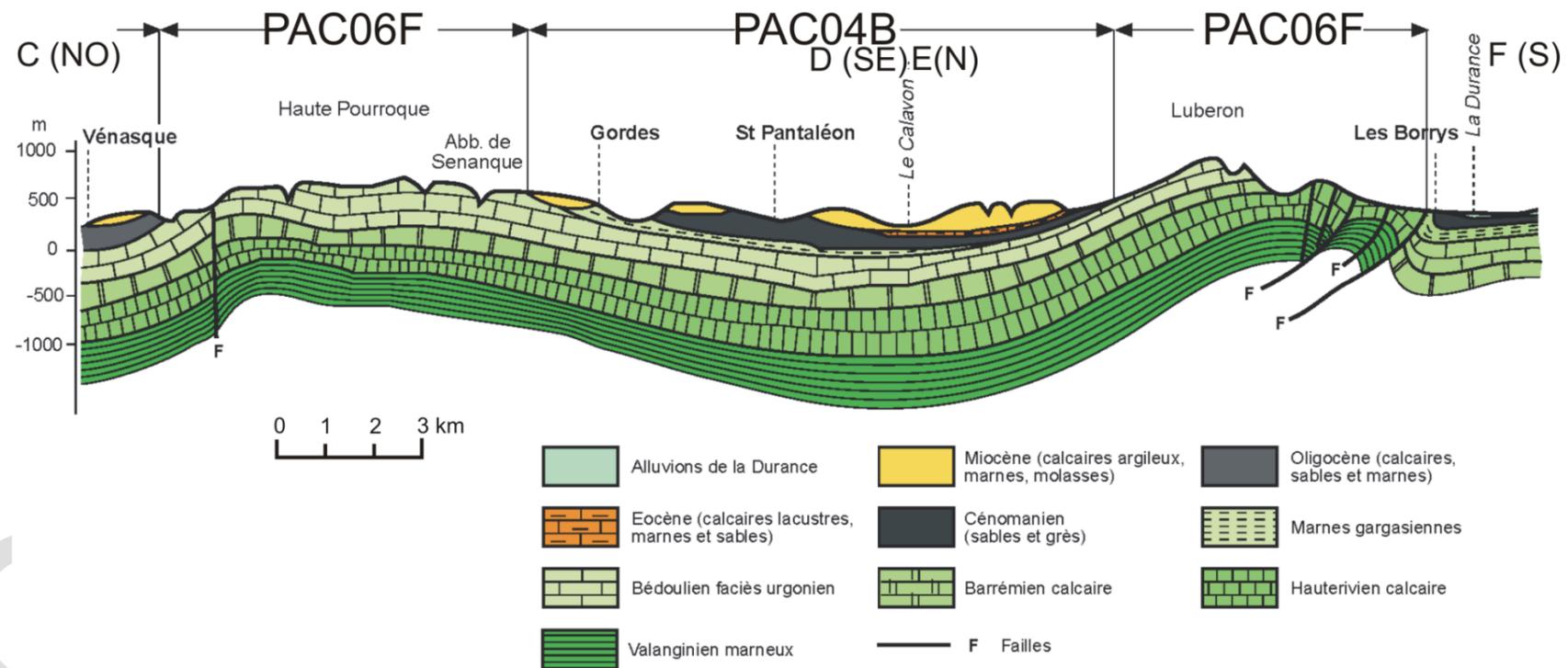
Provisoire



Log stratigraphique synthétique (tiré de Puig, 1987)



Coupe Sud – Nord à travers l'entité PAC06F (tirée de Blavoux *et al.*, 1993)



Coupe NO – SE, puis N - S à travers les entités PAC04B et PAC06F (d'après Durozoy)