ARTIFICIAL DRAINAGE OF THE POLJES AND KARST DEPRESSIONS IN THE SOUTH-EASTERN FRANCE

UMETNO ODVAJANJE VODE S POLJ IN IZ KRAŠKIH DEPRESIJ JUGOVZHODNE FRANCIJE

JEAN NICOD

Izvleček UDK 556.116(44)

Jean Nicod: Umetno odvajanje vode s polj in iz kraških depresij jugovzhodne Francije

V preteklosti so bila od rimskih časov dalje opravljena različna melioracijska dela: urejanje ponorov, kopanje osuševalnih jarkov (na polju Cuges v Srednjem veku) in predorov. Z napredkom urbanizacije se veča onesnaženost vode, ki ponika na poljih, kljub gradnji čistilnih naprav. Poseben problem je odvajanje vode iz industrijskih con Aubagne in Gemenos, ki sta na semipolju Coulin. Zaradi urbanizacije oziroma povečanega odtočnega količnika so danes potrebna dodatna dela za odvajanje meteorne vode: ob ponorih kot tudi v coni Gemenos sta potrebni črpalni postaji, ki prečrpavata vodo proti reki Huveaune.

Ključne besede: človek in kras, poplave, hidrologija, kras (odtok), polja, onesnaževanje, Francija (JV), Provansa

Abstract UDC 556.116(44)

Jean Nicod: Artificial drainage of the poljes and karst depressions in the South-eastern France.

In the past, many works have been achieved at various times from the roman period: fitting up of ponors, cutting of drainage network (in the polje of Cuges, in Middle Ages) and tunnels. Now, in some cases, with the progress of urbanization, increase polluted waters absorbed in karst despite building of sewage-works.
A particular problem is that of draining the industrial parks of Aubagne and Gemenos. These parks are located in the half-polje of Coulin. Because of the urbanization, increasing the runoff coefficient, now works have been required for draining off the rain waters: at the main ponors, and also in the industrial park of Gemenos, the harnessing of a pump-station for drain off the waters towards the Huveaune river.

Key words: anthropic impact, floods, hydrology, karst (drainage), poljes, pollution, France (SE), Provence.

Address - Naslov
Jean Nicod
Florida 1
35, Av.du 24 Avril 1915
F-13012 Marseille
France

Un certain nombre de dépressions karstiques du Sud-Est de la France ont fait l'objet à diverses époques (romaine, medievale et surtout XVIII -XIX ème siècles) d'important travaux de drainage, pour conquérir des terres basses et fertiles à l'agriculture. Différentes méthodes, classiques dans les pays méditerranéens (aménagement des ponors, forage de tunnels, creusement de drains) ont été adaptées aux conditions locales.

Mais aujourd'hui les problèmes de drainage se posent dans un contexte différent, en raison des transformations de l'habitat (rurbanisation) et des implantations touristiques et industrielles : les problèmes de pollution et d'évacuation des eaux de ruissellement deviennent prépondérants: ce sera l'objet de notre seconde partie.

LES SYSTÈMES DE DRAINAGE TRADITIONNELS DES POLJÉS ET DÉPRESSIONS KARSTIQUES.

La problématique est en renouvellement du fait des travaux récents sur l'évolution proto-historique et historique des milieux humides, effectués par les géomorphologues (VAUDOUR,1986), les palynologues (TRIAT-LAVAL et REILLE,1981) et les archéologues (LEVEAU, 1993), ainsi que par les études pluri-disciplinaires (PROVANSAL et al.,1993).

Situation et typologie des dépressions karstiques drainées.

C'est en Provence que se trouvent les principaux poljés et bassins fermés ou semi-fermés ayant des difficultés d'écoulement naturel (fig.l). Dans cette étude nous envisagerons aussi bien le cas des poljés et semi-poljés dans les roches carbonatées, comme ceux bien connus de Caille,Cuges et Coulin (JULIAN et NICOD, 1989) que celui des ouvalas du karst des plateaux triasiques du département du Var, entre Besse et Flassans, dus à la dissolution des évaporites (MASUREL,1984; NICOD,1987,1991). A titre de comparaison on peut envisager aussi le cas des dépressions pseudo-karstiques de la molasse à l'ouest de l'Etang de Berre (cuvettes nivéo-éoliennes, AMBERT,1973,1991) et celui des sections de vallées barrées par des accumulations de travertins, comme sur le Haut Argens (NICOD,1988). En Languedoc, par contre, les grandes dépressions inondables sont principalement tectoniques (Pujaut) ou hydro-éoliennes (Montady près de Beziers); et dans les grands Causses, seules les deux grandes dolines de Soulages, sur le Causse de Sauveterre ont fait l'objet d'un aménagement méthodique (NICOD, 1990).

Conditions et caractères de la submersion.

Comme la plupart des poljés dinariques, les dépressions étaient temporairement inondées pendant l'hiver, en raison d'un bilan hydrologique excédentaire: les précipitations

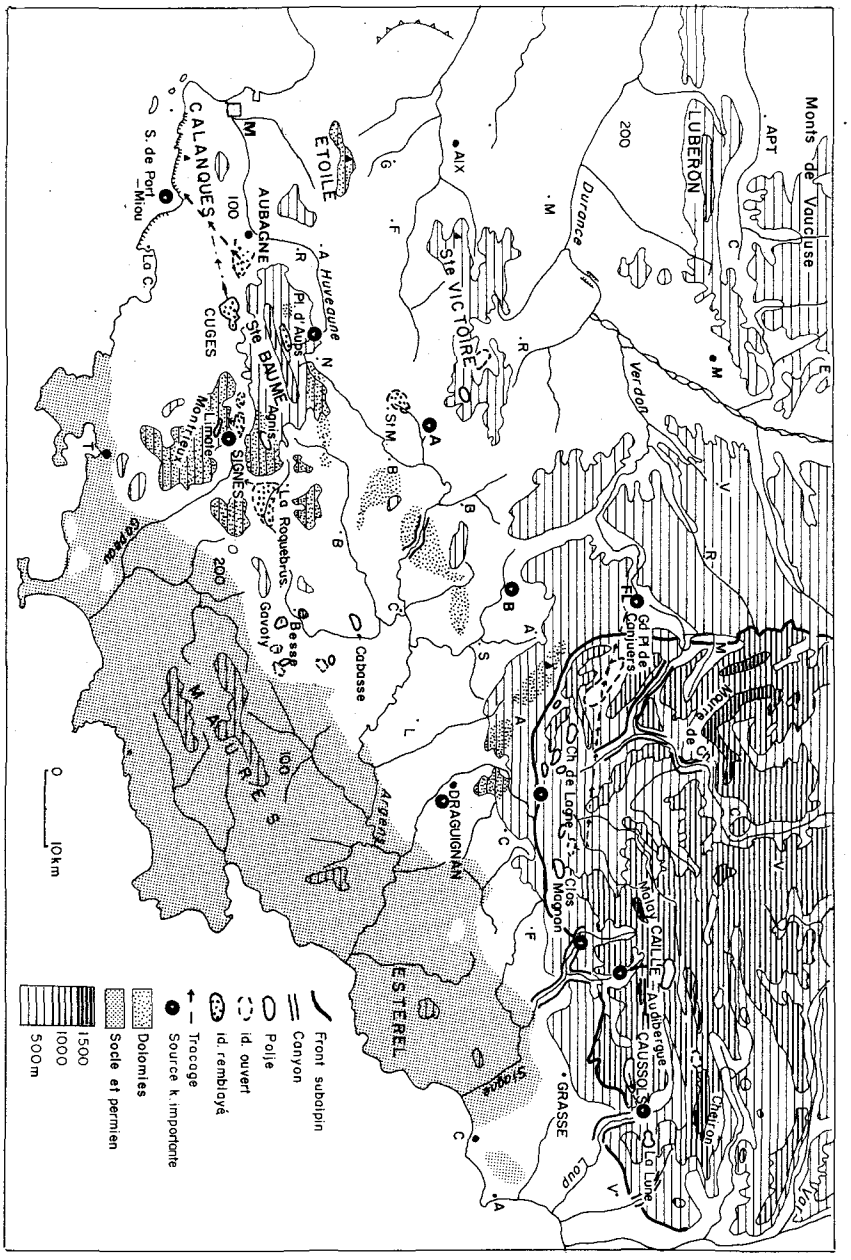

Fig. 1. Carte de localisation des poljés de Provence (in JULIAN et NICOD, 1989) Map of the poljes of Provence. Keys : subalpine front, canyon, polje, open polje, filled polje, water tracing, main spring, dolomites, basement and Permian.

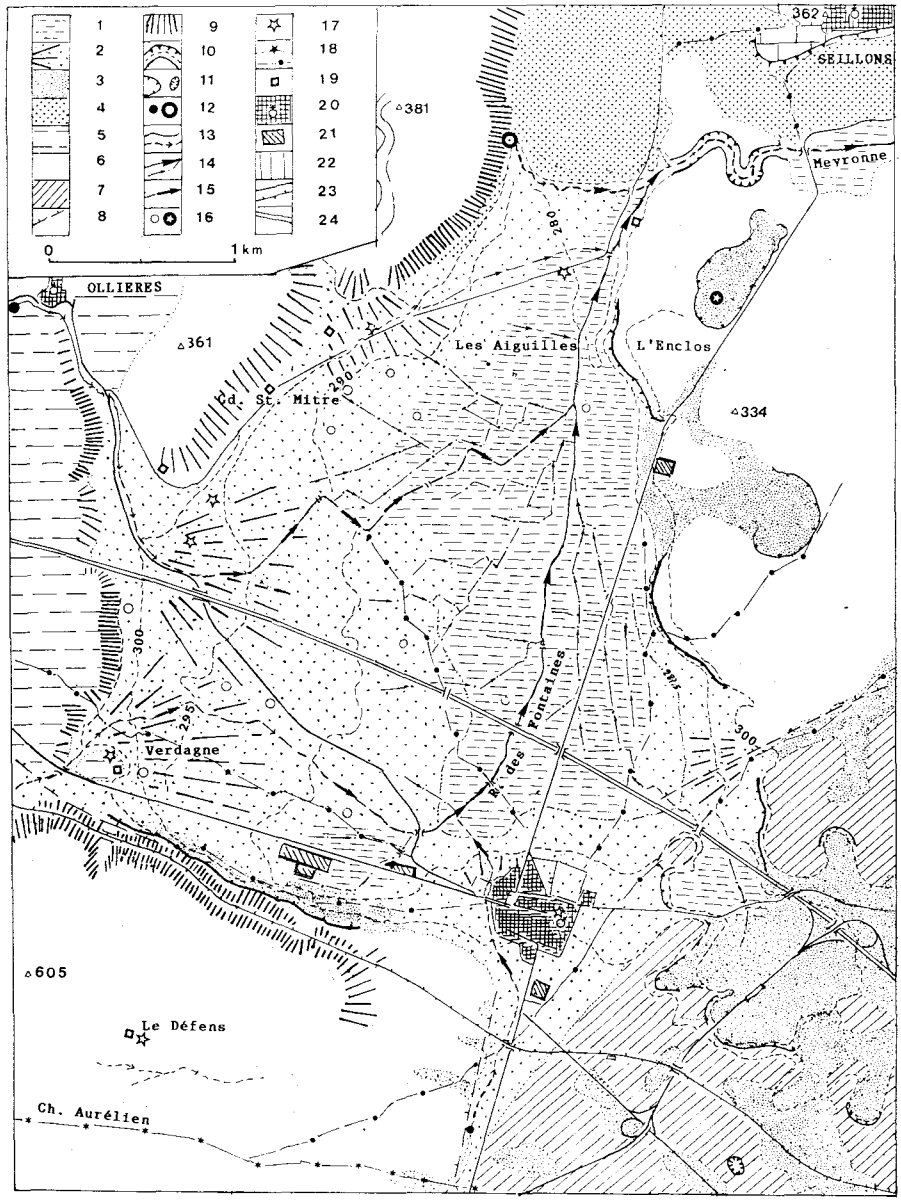

Fig.2. Géomorphologie et occupation du sol dans le bassin de Saint-Maximin (Var)
1 - ancien marais, 2 - cône de déjection, 3 - terra-rossa et colluvions, 4 - argiles et sables vindoniens, 5 - marnes et calcaires du Crétacé sup., 6 - calcaires et dolomies jurassiques, 7 - Trias argilo-gypseux.
8 - faille, 9 - talus, 10 - gorge, 11 - embayement, doline, 12 - source permanente/temporaire, 13 - cours d'eau id., 14 - fossés de drainage, 15 - torrent endigué, 16 - ancien puits/ station d'épuration.
17 - villa romaine, 18 - voie romaine, 19 - ancienne ferme, 20 - agglomération, 21 - zone industrielle, 22 - lotissement, 23 - route/ voie ferrée, 24 - autoroute.

sur leur impluvium (spécialement les apports des cours d'eau affluents comme à Cuges) dépassant les possibilités d'infiltration,en particulier du ponor ou "embuc", ou de l'exutoire subaérien pour les dépressions ouvertes. L'extravasement de l'aquifère karstique ne peut guère être invoqué que pour les ouvalas du Trias, entre Besse et Flassans, en particulier pour le lac de Bonne Cougne, sorte d'estavelle alternativement absorbante ou émissive, ou pour le lac de Besse (NICOD,1991), ainsi que pour quelques dépressions sur le Causse dolomitique du Larzac (SALVAYRE,1964).

Ces bassins à submersion périodique conservaient des marais, et des séquences tourbeuses ont pu y être étudiées.

Mais on doit envisager aussi la possibilité de submersions épisodiques lors d'averses d'intensité exceptionnelle . Ce fut le cas pour de nombreuse dolines et ouvalas du Causse Noir, lors de l'épisode pluvieux du 20-21 septembre 1980 (pluie de 300 mm à Meyrueis, DORIA,1986). Le petit poljé du Coulet, en bordure S. du Larzac a été inondé lors d' un violent orage en 1907 (AMBERT,1991, p.176). On ne doit pas perdre de vue que lors de ces épisodes violents, les branches charriées jouent un rôle efficace dans l'obstruction de ponors (comme des ponts: catastrophe de Vaison-la-Romaine, 22 septembre 1992). Et en milieu karstique, le rôle de la saturation de l'epikarst, permettant le fonctionnement des cours d'eau à écoulement épisodique (les "cadereaux") a été démontré lors de la catastrophe de Nîmes, le 3 octobre 1988 (FABRE 1990). Dans un seul cas, la submersion peut durer plusieurs mois et même plusieurs années, à la suite de pluies importantes et par colmatage argileux du ponor et des fissures: c'est celui du Lac des Rives dans le karst dolomitique du sud du Larzac (SALVAYRE 1964; AMBERT 1982).

Méthodes d'évacuation des eaux et de drainage.

La plus classique en milieu karstique consiste dans l'aménagement des ponors, utilisée dejà dans la Grèce Antique (poljé de Tripolis, etc.). Des barrages en maçonnerie, ou des grilles retiennent les branches et débris, et un curage périodique est effectué. Un réseau de drainage est creusé et aboutit au ponor aménagé (à Cuges, dès 1472-75).

Dans les poljés ouverts le drainage est opéré à partir de l'exutoire subaérien approfondi comme à Saint-Maximin; et les bassins faiblement encaissés sont drainés par une simple tranchée, comme la Trenque, attribuée aux Templiers pour le petit poljé de l'Etang, sur le Cengle, au pied de la Sainte-Victoire.

Dans quelques cas le forage de tunnels s'est avéré nécessaire: pour les dépressions pseudo-karstiques dans la molasse à l'Ouest de l'Etang de Berre, et pour quelques ouvalas du Trias entre Besse et Flassans... Mais ce sont des ouvrages très modestes: rien de comparable à l'aqueduc de l'Empereur Claude, qui assécha partiellement le Fucino!

Epoques d'aménagement.

C'est aux Romains que la tradition attribue les premiers aménagements dans les lieux humides de Provence, comme cela est bien démontré pour les marais d'Arles et d'Orange (discussion in LEVEAU,1993). En ce qui concerne les dépressions fermées de basse altitude, des arguments peuvent être tirés de la densite des *villae* (Aubagne,Cuges), du passage de la *via Aurelia* (Campdumy près de Cabasse) et des centuriations (cadastrations)

remarquables à St Maximin et à Cuges, où elles orientent encore le parcellaire actuel (cf. SOYER,1985). Il est possible que l'étang du Pourra, à l'W de l'étang de Berre soit alors drainé par un tunnel (PROVANSAL et al.1993) et certaines dépressions du Cengle déjà par des tranchées (LEVEAU et al . 92). Le cas le plus intéressant est celui du bassin de Saint-Maximin. Ce poljé ouvert, remblayé de plus de 70 m de sédiments détritiques (d'après les sondages effectués lors de la construction de l'autoroute) était une dépression lacustre jusqu'à l'époque romaine, comme le montre bien la carte (fig.2) des témoignages archéologiques, dressée grâce aux coupes exploitées lors de la construction du réseau d'irrigation par la Société du Canal de Provence (CARRAZE,1990). Mais au cours de l'époque romaine, des drainages furent certainement entrepris, puisqu'une *villa* s'installa en pleine zone humide (dans le quartier des Aiguilles) .

La seconde période se situe au cours du Moyen-Age, avec les ordres monastiques en particulier, (le drainage du marais de St Maximin est entrepris par l'abbaye dès le milieu du XI siècle et la "Trenque" de la dépressions de l'Etang, sur le Cengle est attribuée aux Templiers), mais surtout avec le développement des communautés au XVème siecle. C'est ainsi que Charles de Castillon entreprit le drainage des "paluns" d'Aubagne (*infra* ,II 3), que le lac temporaire de Cuges fut éliminé par l'aménagement du ponor du Caranquet (1472-1475), d'où le déperchement du village, et que le creusement du Grand Vallat assécha le bassin du Valavès, près de Rians, évidé dans le Trias argilo-gypseux .

Au cours du XVIII ème siècle, avec les idées des physiocrates et surtout dans les deux premiers tiers du XIX siècle, les drainages furent entrepris systématiquement. C'est le cas sur le Haut Argens, dans la commune de Bras où un barrage de travertin fut scié pour assécher la zone humide du " Pré de la Cadette "(NICOD 1980); de nouveaux aménagements furent réalisés dans le poljé de Cuges (cf. *infra* II 2), et le drainage de la plaine de Saint-Maximin systématiquement repris en 1864 (approfondissement du Ruisseau de Fontaines et aménagement des torrents affluents; NICOD,1967 p.424).Dans ces deux derniers cas l'amélioration du drainage permit l'extension du vignoble de masse, tel qu'il se présentait encore dans les années 60.

LES PROBLÈMES ACTUELS

Les aménagements traditionnels avaient surtout pour but le drainage des marais pour conquérir des terres fertiles à l'agriculture. Mais les problèmes actuels sont ceux de l'introduction massive de pollutions dans le karst et de l'écoulement des crues.

Ces problèmes nouveaux résultent d'une mutation profonde des régions rurales, où les espaces construits se sont multipliés avec la "*rurbanisation* ", le développement des activités industrielles et touristiques. Partout l'adduction d'eau potable est assurée, d'où la nécessité de stations d'épuration et la possibilité d'introduction massive de polluants dans le karst. Par ailleurs l'imperméabilisation des sols (constructions,parkings) entraine la possibilité de débits bien plus élevés pour les petits ruisseaux des poljés (coefficients d'écoulement de crue de 90% et plus admis en zone urbaine) alors qu'en l'état naturel une partie des eaux pluviales pouvait être absorbée par ou à travers les alluvions (cas de Cuges). De ce fait les ponors sont insuffisants à écouler les débits instantanés. C'est le cas classique

des inondations récentes dans le poljé et la ville de Cetinje, au Montenegro (BONACCI,1987, p.108 et GAMS et al. 1987, p.200).

Pollution introduite dans le karst par les poljés montagnards: Caille et Plan d'Aups.

Dans les chaines subalpines au N de Grasse, le poljé de Caille évidé dans les terrains tendres d'une structure synclinale chevauchée au N, est de type fluvio-karstique (JULIAN et NICOD 1986)(fig.3). Son fond, situé à 1122 m est constitué par un mince remblaiement limoneux, un petit réseau hydrographique y serpentait (cf.carte d'Etat-Major au 1/80000), et des prairies marécageuses s'y étendaient. Ce bassin montagnard est bien arrosé (1343 mm /an à Andon), et enneigé l'hiver. Les eaux absorbées par le ponor de l'Antre, au pied du mont de l'Ubac, participent à l'alimentation, à travers la chaine de l'Audibergue, des grosses résurgences de la Siagne et de la Pare.

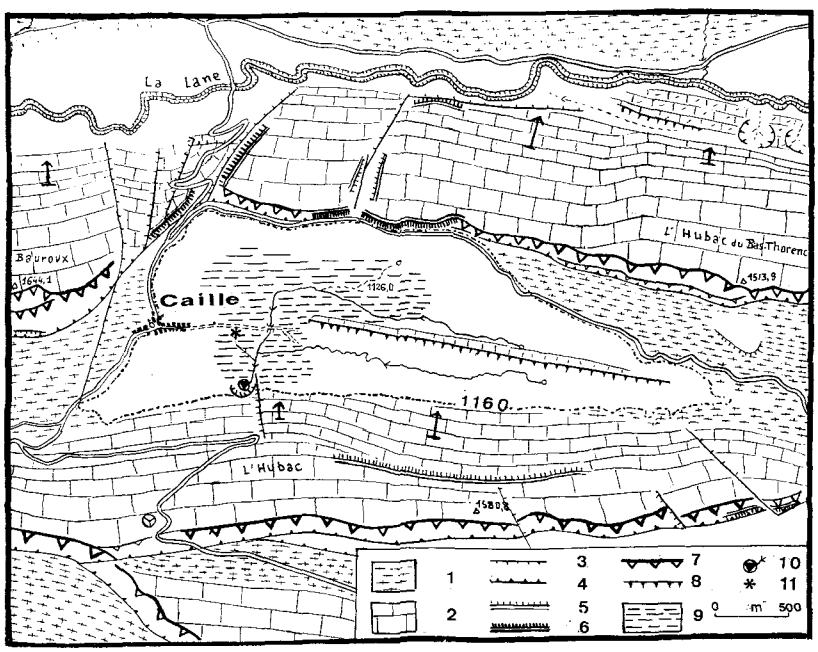

Fig. 3. Le poljé de Caille, d'après JULIAN et NICOD (1975, 1986)
1 - marnes crétacées, 2 - calcaires jurassiques, 3 - faille, 4 - chevauchement, 5 - escarpement de faille, 6 - id; de chevauchement, 7 - crêt majeur, 8 - crêt mineur, 9 - ancien marais, 10 - ponor, 11 - station d'épuration.

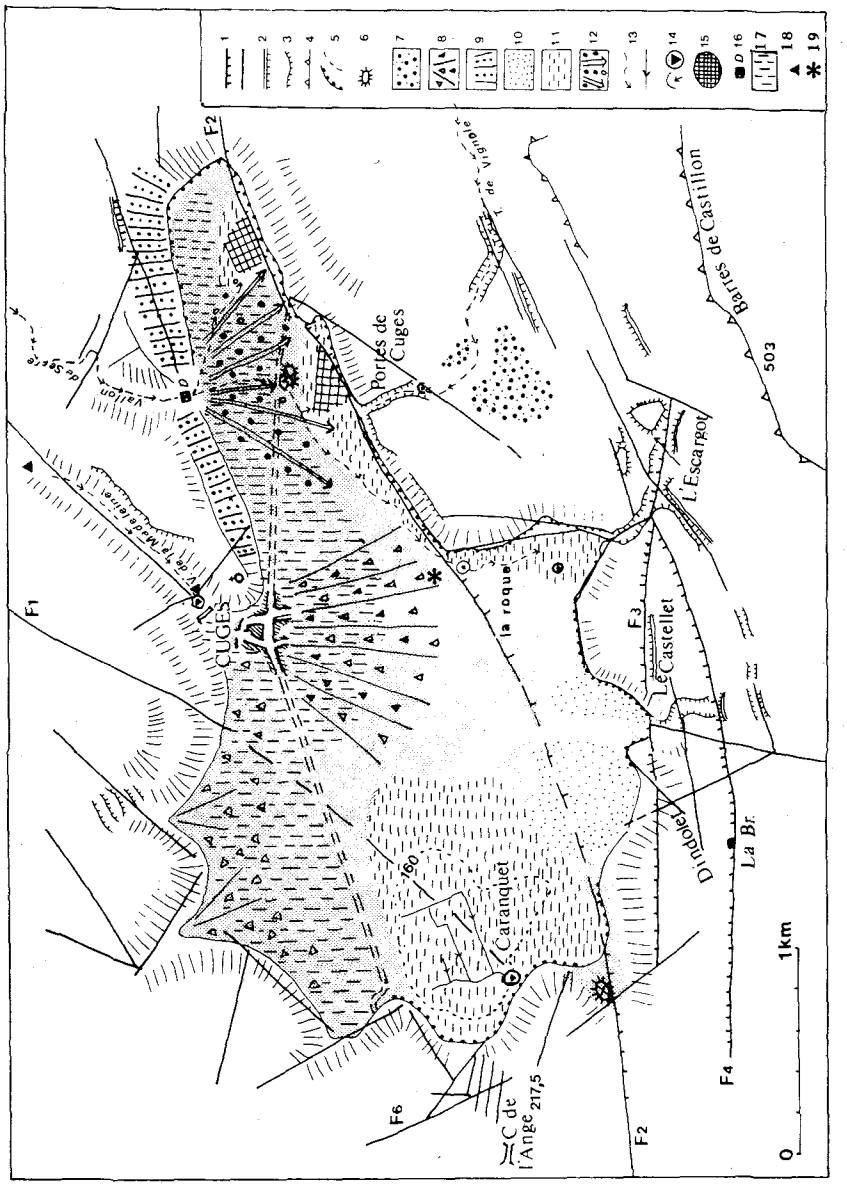

Fig. 4. Carte géomorphologique du poljé de Cuges (d'après NICOD, 1967 et JULIAN, NICOD, 1989) 1 - faille, fracture, 2 - escarpement de faille, 3 - autre, 4 - cuesta, 5 - contour de corrosion, autre, 6 - hum, 7 - alluvions anciennes, 8 - cône et accumulation cryoclastiques (Würm-Tardiglaciaire), 9 - versant réglé avec éboulis, 10 - loess, 11 - limons palustres, 12 - cône historique, 13 - cours d'eau temporaire, canal, 14 - perte, ponor aménagé, 15 - zone d'absorption diffuse, 16 - déversoir alternatif, 17 - extension aire construite, 18 - sondage producteur d'eau, 19 - station d'épuration.

Une photo de R.BLANCHARD (1945,pl.L A) nous présente un bassin agreste, voué à la production fourragère et à l'élevage de vaches laitières exploité par un petit village. Aujourd'hui il s'est agrandi grâce à l'essor de la villégiature et de la station de ski proche de la Moulière,un réseau de drainage a été établi dans les prairies humides, le ponor a été aménagé, et une station d'épuration installée 400 m en amont,ce qui pose problème....

De ce dernier aménagement résulte une partie de la pollution des sources de la Siagne et de la Pare. Les recherches hydrologiques et hydrochimiqes effectuées dans le cadre du rapport P.A.C.A. (NICOD et al. 1989) ont montré que si la pollution est en général tamponnée par la zone noyée de l'Audibergue (homothermie de la source de la Siagne 9 5 a 11 et variation lente des paramètres chimiques) l'épisode pluvieux du 1-7 mars 1985, accélerant la fusion nivale prouve qu'en situation d'aquifère profond saturé, des circulations rapides suivant les failles transverses interviennent: d'où le transfert des polluants en une période ou la station d'épuration fonctionne difficilement. Une autre source de pollution est constituée par l'ensemble résidentiel de La Moulière et les équipements du Parc de la Glacière, sur l'impluvium des mêmes sources et très fréquentés en période de ski.

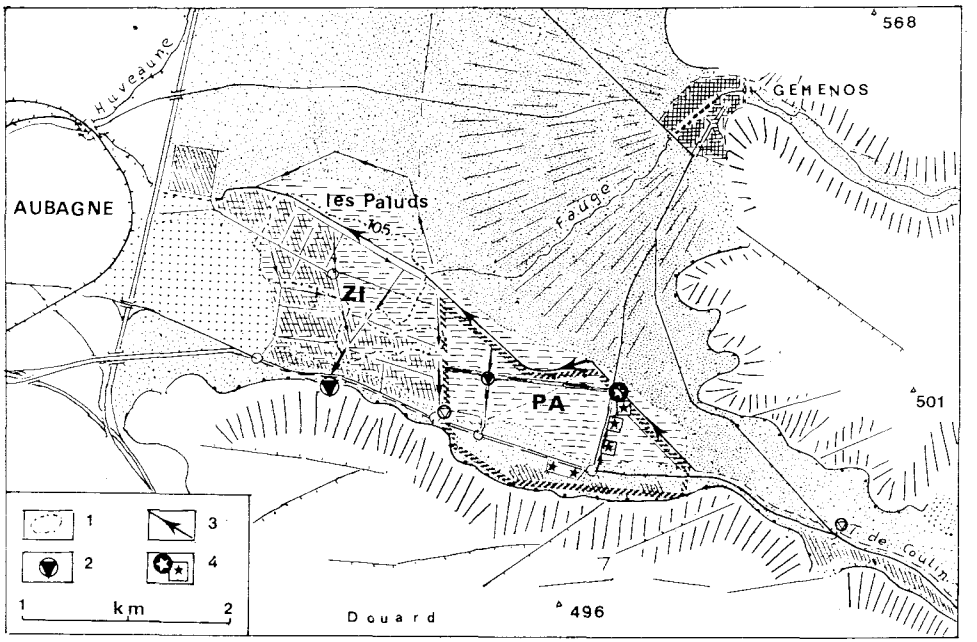

Fig. 5. Carte du drainage artificiel du semi-poljé de Coulin (anciens "Paluns" d'Aubagne) maintenant zones industrielles d'Aubagne et de Gémenos.
1 - isohypse 105m (AUBAGNE n 7,1934), 2 - ponor aménagé, 3 - chenal surélevé, 4 - bassin pluvial + station de pompage. Pour les autres signes, voir légende des fig. 2 et 4.

Dans le massif de la Sainte-Baume, le poljé du Plan d'Aups a pour émergence principale la source de Castelette qui connait une pollution bactérienne importante, en hautes eaux principalement, et avec une forte turbidité (MAZET,1984; MARTIN,1991,p.285.). Cette pollution semble liée à l'intense fréquentation touristique dans le secteur de l'Hôtellerie, et à l'extension du lotissement du Plan d'Aups (problème des fosses septiques). Et plus à l'Est, dans le même massif, les déficiences de fonctionnement de la station d'épuration du Plan de Mazaugues sont sensibles dans les phases de pollution de la source de la Figuière, dans les gorges du Caramy (*ibidem.* , p.293).

Le drainage du poljé de Cuges, nouveaux problèmes.

Rappelons que le bassin fermé de Cuges a tous les caractères d'un poljé tectonique, déterminé par les fractures et zones de broyage, et dont le fond est remblayé par plus de 40 m de matériaux périglaciaires auxquels s'ajoutent ceux des cônes holocènes (NICOD,1967). Son drainage, fortement aménagé, est complexe (fig.4). La partie occidentale,la plus déprimée (158m) et présentant un embayement caractéristique, est drainée par un réseau de fosses par le ponor du Caranquet (aménagement de 1472-1475). Les eaux des deux ruisseaux temporaires provenant de la Sainte-Baume sont absorbées: celui du Vallon de Ste Madeleine par le ponor aménagé en amont du village, et celui du Serre, le plus actif, dans les zones d'épandage et d'infiltration de la Culasse et de la Grande Vigne, et éventuellement aux ponors de La Roque. Ces derniers reçoivent aussi le surplus des eaux du torrent de Vignole, en général absorbées dans le canyon des Portes de Cuges.

Sans qu'aucun traçage ait pu le démontrer formellement, on s'accorde en fonction des dispositions structurales (bande des calcaires urgoniens et système de fractures) à considérer que les écoulements souterrains du poljé rejoignent la puissante source sous-marine de Port-Miou, près de Cassis (3 a 100 m3/s). De plus l'impluvium de cette résurgence s'étend à une partie de la chaîne de la Sainte-Baume, comme le montrent les sondages réalisés (ROUSSET,1988) et le déficit hydrologique du massif (COULIER,1985; Ph. MARTIN,1991).

Les aménagements réalisés au XVème et au XIXème siècles, que nous avons décrits en 1967, étaient ceux d'une commune rurale, alors viticole. Or il s'agit maintenant d'une agglomération de 2360 habitants (en 1990) essentiellement village dortoir; 95 % des actifs (en 1982) sont des migrants pendulaires vers Aubagne et Marseille. Une alimentation suffisante en eau est fournie par trois sondages, dans l'aquifère de la Sainte-Baume (Ste Madeleine et Dausserand) et du fond du poljé (Puyricard). En corrélation une station d'épuration a été installée au quartier de La Roque et le déversement des eaux traitées dans le ponor voisin est assez nauséabond... Le caractère complexe de l'aquifère et les difficultés d'exploitation de la source sous-marine de Port-Miou font que cette pollution est jusqu'à présent négligée.

Mais le problème d'écoulement des eaux pluviales est tout autant en suspens. Les aménagements anciens ne sont guère entretenus, les lits des ruisseaux temporaires encombrés... Cet état est lié au fait que leur fonctionnement est devenu plus intermittent que dans les années 60, où nous pouvions estimer que le seul ruisseau de Serre pouvait apporter dans le poljé 2 à 3 millions de m^3 d'eau en un mois pluvieux souvent en fin

d'hiver (NICOD,1967,p.266). Deux causes peuvent être envisagées: des séquences d'hivers moins arrosés, et le prélèvement des sondages dans l'aquifère (80 l/s possibles, soit 2,5 M de m^3 annuels. Par ailleurs, la surface d'infiltration dans le poljé est réduite en raison de l'extension de l'habitat pavillonnaire, des hangars et des parkings: de ce fait il y a un risque en cas de très fort épisode pluvieux (cf. la catastrophe de Nîmes en 1988) de cumul des apports des vallons et du ruissellement en zone urbanisée, aboutissant à l'inondation partielle du poljé et dégâts multiples.

Les aménagements récents du semi-poljé de Coulin, pour les zones industrielles d'Aubagne et de Gémenos.

La partie sud de la plaine d'Aubagne a un caractère de semi-poljé tectonique analogue à celui de Cuges. Sa bordure S est déterminée par un système de fractures, qui hachent les calcaires urgoniens du massif du Douard (BECKER,1983; COULIER, 1985). Le remblaiement périglaciaire et holocène est marqué par une dépression à un peu moins de 105 m (fig.5).

Le drainage s'effectue principalement par des ponors, en direction de la source résurgence sous-marine de Port-Miou (traçage réussi en décembre 1965 à partir du ponor principal, cf. COULIER, 1985, p.296). Les difficultés de drainage ont été accentuées au Moyen-Age par l'activité du cône du Fauge, cours d'eau provenant du vallon de St. Pons, dont l'activité torrentielle est attestée à cette époque par l'incision des barrages de travertins (Ph.MARTIN,1991,p.370) et celle du torrent de Coulin. L'endiguement de ce dernier, et le drainage des marais par un réseau de fossés aboutissant aux ponors (XV ème siècle) avaient fait de cette partie sud de la plaine d'Aubagne une riche terre agricole (irriguée à la fin du XIXème par une dérivation du Canal de Marseille). Toutefois, une première perturbation du drainage a été constatée à partir de 1915, par suite de la construction du hangar à dirigeables, masquant un des ponors (MASSON,1928, p.404).

Les conditions hydrologiques ont été totalement modifiées par l'aménagement des zones industrielles, dans les années 80. Alors que les terres agricoles épongeaient une partie des précipitations,la densification des constructions et la multiplication des voies et des parkings entraînent une forte augmentation du coefficient de ruissellement, jusqu'à des taux supérieurs à 90% . En ce qui concerne la zone industrielle d'Aubagne on s'est contenté d'aménager le ponor principal par excavation des calcaires et installation d'un système de dégrillage; par ailleurs l'écoulement est partiellement assuré vers l'Huveaune, cuvelée et partiellement recouverte dans sa traversée d'Aubagne. Pour le "Parc d'activités " de Gémenos, l'aménagement qui vient d'être achevé a comporté les éléments suivants:

- remblai systématique des terrains bas (au N de la N 8) par prélèvement des cailloutis et limons loessiques du pied du versant du Douard;
- aménagement d'un réseau de canaux bordés d'arbres, dans l'axe des avenues, se croisant au ponor de l'ancien hangar à dirigeables ;
- création d'un bassin de stockage des eaux pluviales, et d'une station de refoulement dans le ruisseau de Coulin, surélevé et endigué, assurant un écoulement complémentaire vers l'Huveaune.

Le fonctionnement de ces aménagements n'a pu être véritablement testé en raison de

la sécheresse de ces dernières années. Il n'y a pas eu dans le bassin de l'Huveaune de précipitations torrentielles depuis l'épisode des 16/17 janvier 1978, entraînant une grave inondation surtout à l'aval, dans Marseille. Il faut remonter au 1/10/1892 pour avoir une crue d'ordre centennal (270 m^3/s à Aubagne) mais dans des conditions d'occupation des sols totalement différentes de celles d'aujourd'hui (GABERT et NICOD,1982,p.16).

CONCLUSION

L'exemple des aménagements récents d'Aubagne-Gémenos montre que les Autorités et Services techniques concernés commencent à prendre en compte les risques spécifiques que représentent en matière d'écoulement des eaux pluviales les bassins fermés : la capacité des exutoires parfois déficiente en milieu agricole, doit être considérablement accrue en zone urbanisée.

En ce qui concerne les risques de pollution, il semble qu'ils soient encore assez négligés en Basse-Provence, pour deux raisons au moins:

- complexité des aquifères et effet-tampon important (cf. Ph.MARTIN,1991);
- faible recours aux ressources locales, en raison du transfert des eaux du Verdon, par le système du Canal de Provence.

Mais les besoins augmentant, il sera nécessaire d'apporter dans l'avenir plus grande attention à la protection des ressources locales. Dans ce sens on doit noter que pour la première fois dans le Sud de la France, dans l'étude du tracé d'une autoroute, une attention particulière est apportée à la protection des aquifères, sources et rivières: pour l'A 75 à travers le Larzac et le Causse Rouge (NW de Millau) une enquête est actuellement en cours sur les caractères des dépressions fermées, l'aménagement de bassins de stockage des eaux pluviales,et de leur écoulement (travaux en cours de P.AMBERT, J.L. GUENDON et Ph. MARTIN ...).

REFERENCES

AMBERT P., 1982 - Le Causse de Guilhaumard..., Phénomènes Karstiques III, Mém. et Doc. CNRS, 171-179

AMBERT P., 1991 - L'évolution géomorphologique du Languedoc Central depuis le Néogène; Thèse d'Etat, Aix, 2 vol.

BLANCHARD R., 1945 - Les Préalpes françaises du sud, 2 vol. + cartes h.t.

BONACCI O., 1987 - Karst Hydrology; Springer Series on Physical Environment, Springer V., 184 p.

CARRAZE C. et F., 1990 - Carte archéologique de la plaine de Saint-Maximin; Ann. Soc. Sc. Nat. et Archéologie Toulon et Var, 42 (4), 216-219.

COULIER C., 1985 - Hydrogéologie de la Sainte-Baume occidentale; Th. 3ème cycle, Marseille, 400 p.

DORIA B., 1986 - Le Causse Noir et les canyons bordiers, Thèse 3 ème cycle, Aix, 1 vol. + cartes h.t.

FABRE G., 1990 - La catastrophe hydrologique éclair de Nîmes; Bull. Assoc. Géogr. Fr. 2, 113-122.

GABERT P. et NICOD J., 1982 - Inondation et urbanisation en milieu méditerranéen: l'exemple des crues de l'Arc et de l'Huveaune; Méditerranée, 3-4, 11-24.

GAMS I. (édit.) 1987 - Man's impact in Dinaric karst (Guide-Book), Ljubljana, 205 p.

JULIAN M. et NICOD J., 1986 - La région karstique Audibergue-Mons; Z. Geomorph., Suppl. Bd. 59, 1-25.

JULIAN M. et NICOD J., 1989 - Les karsts des Alpes du Sud et de la Provence; Z. Geomorph., Suppl. Bd. 75, 1-48.

LEVEAU Ph., 1993 - Sociétés antiques et écologie des milieux montagnards et palustres..., in Archéologie et Environnement, Publ. Univ. Provence, 17-44.

LEVEAU Ph., MOCCI F., MULLER A. et STROBEL M., 1992 - L'occupation du sol dans le massif de la Sainte Victoire...,Méditerranée, 1-2, 69-79.

MARTIN Ph., 1991 - Morphologie des géosystèmes karstiques des versants N et O de la Ste Baume; Th. Aix, 412 p.

MASSON P. (édit), 1928 - Les Bouches du Rhône, Encycl. départ., t. VII, l'Agriculture

MASUREL Y., 1984 - La Provence cristalline et ses enveloppes sédimentaires (Thèse), 414 p.

MAZET J., 1984 - Recherches sur l'évolution du karst dans le massif de la Ste Baume; Th. Univ. Aix, 138 p.

NICOD J., 1987 - Recherches morphologiques en Basse provence calcaire (Thèse Aix) 557 p. + XII pl. et 7 cartes h.t.

NICOD J., 1988 - Barrages de travertins, marais et aménagements dans la haute vallée de l'Argens; URA 903 du CNRS, Travaux n XVII, 73-87.

NICOD J. et al., 1989 - Détermination de la vulnérabilité à la pollution et des aires de protection de quelques sources karstiques de Provence-Alpes-Côte d'Azur (*Rapport PACA*, inédit) 55 p. + annexes

NICOD J., 1990 - Quelques problèmes d'aménagement de dépressions karstiques dans le domaine méditerranéen...; *115 Congrès des Sociétés Savantes, Milieux calcaires et politique hydraulique*, 19-37.

NICOD J., 1991 - Phénomènes karstiques et mouvements récents de terrain dans le Trias du département du Var; *Etudes de Géogr. Physique, Travaux URA 903*, n 20, 5-14.

PROVANSAL M., BERTUCCI C. et PELISSIER M., 1993 - Les milieux palustres de la Provence occidentale, indicateurs de la morphogenèse holocène; *Archéologie et Environnement...*, *Publ. Univ. Provence*, 249-266.

ROUSSET Cl., 1988 - Apports de nouveaux forages à la connaissance de l'aquifère karstique de Port-Miou; 6 Colloque Hydrogéol., *Ann. Sc. Univ. Besançon, Géol.* 6, tI, 275-280.

SALVAYRE H., 1964 - Les lacs temporaires du Larzac et de son avant-pays; *Spelunca Mém.* n 4, 79-103.

SOYER J., 1973-74 - Les centuriations de Provence; *Rev. Archéol. Narbonnaise*, 6/1973, p.197-232 et 7/1974, p.177-199.

TRIAT-LAVAL H. et REILLE M., 1981 - Analyse pollinique d'une séquence tourbeuse de Provence orientale (Seillons...); *Ecologia mediterranea,* n 7 (2),31-37.

VAUDOUR J., 1986 - Travertins holocènes et pression anthropique; *Méditerranée*, n 1-2, p.168-173.

UMETNO ODVAJANJE VODE S POLJ IN IZ KRAŠKIH DEPRESIJ JUGOVZHODNE FRANCIJE

Povzetek

Vrsta kraških depresij jugovzhodne Francije je bila v določenih obdobjih (rimsko, srednjeveško, predvsem pa v 18. - 19. stol.) prizorišče velikih melioracijskih del, s ciljem osuševanja, da bi nizki in rodovitni svet pridobili za obdelovanje. Različne metode, sicer tradicionalne v sredozemskih deželah (urejanje ponorov, vrtanje predorov, kopanje odvodnih jarkov), so prilagajali krajevnim razmeram. Danes je problem drugačen, zaradi sprememb v načinu poselitve (urbanizacija) ter zaradi turističnih in industrijskih potreb. Najpomembnejše je postalo vprašanje onesnaževanja voda in odvajanja meteorne vode. Voda priteka deloma že onesnažena z više ležečih polj, kljub čistilnim napravam. V drugem primeru pa se je odtok visokih voda, ki jih je prej deloma vpila aluvijalna ravnica, zaradi komunikacij, parkirišč in podobnih vodotesnih površin, močno povečal (odtočni količnik poplavne vode lahko preseže 90 %). Ker so v Provansi lokalni vodni viri le malo izkoriščeni (večino pitne vode dajejo akumulacijska jezera na reki Verdon), se je zanemarjalo vprašanja njihove zaščite. Da pa se tudi to spreminja, najbolje kaže primer gradnje nove avtoceste preko krasa (Larzac, Causse Rouge), kjer so naročili posebno študijo o zaprtih depresijah, zastajanju meteorne vode v podzemlju, njenem odtekanju, ipd.