

Contribution du sous-sol à la vie urbaine, exemple du Val-de-Marne

Pierre Duffaut et Monique Labbé
Comité Espace souterrain de l'AFTES

Résumé :

Le sous-sol est le grand absent des schémas d'urbanisme, il est méconnu, alors que les zones denses appellent des services nouveaux, que le développement durable exige des solutions plus économes en énergie et que les déplacements urbains deviennent chaque jour plus difficiles. Le département du Val-de-Marne est pris comme exemple pour montrer la façon d'intégrer le sous-sol dans un schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme. Après une présentation rapide de la géographie physique (relief, eaux de surface, géologie, ressources naturelles, risques naturels) et de la géographie humaine (peuplement, infrastructures, besoins identifiés), des projets concrets d'utilisation du sous-sol sont proposés, notamment pour la mise en valeur du plateau d'Orly et Rungis, un site privilégié pour l'accueil d'extensions en sous-sol et de dessertes souterraines.

Abstract :

The subsurface is the great absent in city planning, it is unrecognized while densely built quarters call for new facilities, sustainable development demands energy saving solutions and urban mobility becomes more difficult day after day. The Val-de-Marne district is taken as an example of the way the subsurface may be introduced into a district Master plan. After a short presentation of both physical geography (relief, waters, geology, natural resources and natural risks), and human geography (population, infrastructures, identified needs), and a reminder of main benefits and drawbacks in using underground space, concrete projects are proposed, in particular for developing the Orly-Rungis plateau, a site privileged when underground extensions are planned.

1 - INTRODUCTION

Prenant comme exemple le département du Val-de-Marne, pour lequel ils ont eu l'occasion d'effectuer des études, les auteurs proposent une façon nouvelle et réaliste de concevoir l'urbanisme d'un territoire en associant le sous-sol à la surface afin de répondre aux objectifs généraux du développement durable et aux préconisations du futur Schéma directeur de la Région Île-de-France, le SDRIF (dans son édition de juin 2008). Pour examiner les contributions que le sous-sol peut apporter, une description préalable de l'existant est nécessaire, sous le double aspect de la géographie physique et humaine : d'une part, le relief, les eaux et la géologie, qui sont trois domaines étroitement imbriqués, de l'autre les implantations et

aménagement successifs qui ont conduit à la situation présente.

Issu du redécoupage administratif en 1968 des anciens départements de la Seine et de la Seine-et-Oise, le Val-de-Marne constitue le quart sud-est de la "petite couronne" (trois départements entourant la commune de Paris, par opposition aux quatre de la "grande couronne" qui complètent la Région Île-de-France (figure 1 et tableau 1). Si les limites extérieures de la Région sont un lointain héritage d'un ancien domaine royal, il n'y a guère de critères naturels pour justifier le découpage actuel. La confluence de la Marne avec la Seine donne toutefois une unité certaine à ce département, qu'on a pu appeler "département de l'eau".

L'étude simultanée du relief et de la géologie, d'ailleurs étroitement liés, est un

numéro	nom	préfecture	surface km ²	nombre d'habitants	densité	nombre de communes
75	Paris	Paris	105	2 150 000	20433	1
77	Seine-et-Marne	Melun	5915	1 260 000	213	514
78	Yvelines	Versailles	2284	1 400 000	611	262
91	Essonne	Evry	1804	1 200 000	659	196
92	Hauts-de-Seine	Nanterre	176	1 500 000	8490	36
93	Seine-Saint-Denis	Bobigny	245	1 460 000	6200	40
94	Val-de-Marne	Créteil	236	1 280 000	5820	47
95	Val-d'Oise	Pontoise	1246	1 150 000	922	185
totaux			10765	11 400 000	1060	1281

Figure 1 - Tableau des principales données sur les 8 départements composant l'Île-de-France



préalable à tout projet d'aménagement incluant le sous-sol ; puisque l'ouvrage souterrain est " immergé " dans le terrain (sinon toujours dans l'eau souterraine). Lorsqu'on s'intéresse à l'habitat et aux activités économiques, les relations avec les entités voisines sont essentielles, non seulement Paris, et ses " couronnes ", mais au delà le Bassin parisien, seule unité géographique concrète, l'ensemble du territoire national, et enfin l'Europe.

Après un rappel des principales propriétés qui justifient l'usage du sous-sol, quelques exemples ponctuels d'utilisation seront présentés, permettant de proposer des exemples d'intégration du sol et du sous-sol.

2 - LES DONNÉES INITIALES

Comparé à ses deux voisins, le Val-de-Marne est le plus " ramassé ", avec un " angle au centre " de 90° seulement, contre 120° pour la Seine-Saint-Denis et 150° pour les Hauts-de-Seine. Sa position commande les liaisons vers un grand quart sud-est de la France, qui constitue près de la moitié du territoire, et justifie plus de la moitié des flux industriels et touristiques.

2.1 - Le cadre physique

Le cœur du territoire départemental est une large cuvette où la Marne conflue avec la Seine, entre le plateau de Brie à l'est, le plateau d'Orly-Rungis à l'ouest (en continuité avec le Paris rive gauche) et les buttes de Fontenay au nord (qui se prolongent dans le nord de Paris). Le territoire se partage en un tiers de plaines alluviales, et deux de reliefs, dont près de la moitié pour les pentes qui les séparent.

L'eau est le " premier agent de l'aménagement du territoire " (Beauregard J. de, 1987) ; le confluent de la Marne avec la Seine est donc le trait majeur du département. Les apports au confluent sont en gros un tiers/deux tiers, car si la Marne est plus longue, son bassin est plus étroit alors que celui de la Seine est à la fois plus étendu et plus arrosé, grâce à l'altitude élevée du haut bassin de l'Yonne. Les plaines alluviales sont étroites à l'exception des méandres, celui de Saint Maur pour la Marne, et un méandre disparu sur la Seine, dont le relief modeste du Mont Mesly, à Créteil, est un vestige. Le confluent de la Bièvre et son cours inférieur sont aujourd'hui cachés sous la ville de Paris. Les autres affluents secondaires, Morbras, Yerres et Réveillon, sont dépourvus de plaine alluviale.



Figure 2 - Relief de l'Île-de-France (exagéré, photo de la carte en relief éditée par l'IGN), les méandres de la Seine et de la Marne, les plateaux de Roissy, Orly-Rungis, Saclay, la Brie au sud-est, la Beauce au sud-ouest; et les buttes principales sont bien visibles

La Seine entre à Paris à la cote 27, au point le plus bas du département, le plus haut, 120 m est à Villejuif (110 au fort de Sucy, 106 en haut de Fontenay) ; c'est moins que les Hauts-de-Seine (165 m à Fontenay-aux-Roses et au Mont Valérien), la Seine-Saint-Denis (127 m à Romainville), et même Paris (130 à Montmartre). Les points culminants sont occupés par les forts de la ceinture de Paris, de Montrouge à Fontenay. Les pentes les plus fortes du Val-de-Marne sont à Chennevières, à l'extérieur du méandre de Saint Maur (de 34 à 105 m).

Les plateaux s'étagent à divers niveaux, suivant l'étagage géologique qui en constitue l'ossature. En effet les terrains de l'ère Tertiaire forment au cœur du Bassin parisien un " mille-feuille " géologique, alternant des couches presque horizontales de calcaires, de sables et d'argiles, avec des variations de faciès et d'épaisseur (pouvant aller jusqu'à la disparition). Le Lutétien, " calcaire grossier " et " marnes et caillasses ", forme les plateaux du sud parisien, et du parc de Vincennes, le " calcaire de Brie " celui d'Orly-Rungis, au sud-ouest, et celui de Brie à l'est. (cote 90 à Orly et Rungis, 100 pour la Brie). Entre les deux, le gypse apparaît au nord (Fontenay) et au sud (Bonneuil, Vitry, Villejuif) remplacé au centre et à l'est par le " calcaire de

Champigny ". La craie forme le soubassement des terrains tertiaires, elle n'affleure pas dans le département.

2.2 - L'occupation humaine

2.2.1 - Peuplement et urbanisation

Les communes riveraines de Paris (de Gentilly à Vincennes) ne se différencient guère des arrondissements voisins par leur tissu urbain, leur densité plus faible provenant seulement de bâtiments un peu moins hauts en moyenne. Plus loin, la vie se concentrait autrefois autour de la voie fluviale, et de quelques bourgs. La campagne abritait des fermes et des châteaux, avec leurs parcs et forêts. Les cultures maraîchères qui alimentaient autrefois les marchés de Paris ont reculé devant l'extension de la banlieue, accumulation désordonnée de tout ce que la capitale a chassé de son territoire, gares de triage, aéroports, cimetières, marché d'intérêt national et hypermarchés, pipelines et lignes électriques, usines (dont l'épuration d'eaux usées, le traitement de déchets, la production d'eau potable et d'électricité). Ce tissu industriel est colmaté par des habitats collectifs ou pavillonnaires, qui ne laissent aucune place pour des extensions ultérieures des industries et services (les petits pavillons de ban-



lieux ont été construits entre la fin du 19^{ème} siècle et les années 1930, les grands ensembles ont débuté vingt ans plus tard, dont le programme d'urbanisme du "nouveau Créteil"; les tours et barres n'ont pas connu autant de développement que dans d'autres communes de banlieue.

2.2.2 - Infrastructures

Premier réseau naturel de voies de transport lourd, le réseau hydrographique justifie aussi les couloirs topographiques qu'emprunteront naturellement les voies ferrées, alors que les routes, héritées des voies romaines, avaient évité les rives basses et gagné les plateaux. Les ports ont été installés dans ces zones basses leurs darses et zones d'entreposage, ainsi la confluence du Morbras avec la Marne à Bonneuil, et la plaine entre Créteil et Choisy (réaménagée plus tard en Parc interdépartemental des sports, avec un lac de 40 hectares). Le confluent est un excellent nœud de navigation intérieure, grâce aux liaisons avec l'Aisne, le Rhin, la Saône, et la Loire. Deux canaux raccourcissent le cours de la Marne, dont celui de Joinville en grande partie souterrain.

Le trafic radial à travers le département étant très important a justifié les voies ferrées vers l'est, le sud et surtout le sud-est, celles-ci encombrant la vallée de la Seine (voie " PLM " vers Lyon, les Alpes et la Provence, relayée maintenant par la première des lignes à grande vitesse). S'y ajoutent les faisceaux des triages (Ivry et surtout Villeneuve-Saint-Georges) et les embranchements particuliers des installations industrielles.

Trois lignes du métro parisien ont atteint Vincennes, Villejuif, et Créteil (le terminus de métro le plus éloigné de Paris). Le réseau ferré de banlieue, " Transilien ", a intégré les lignes radiales RER et SNCF. La ligne SNCF de " grande ceinture " est réservée au fret ; le raccordement des lignes de TGV par les gares de Massy emprunte sa partie sud. Il y a plusieurs tranchées mais peu de tunnels ferroviaires (entre Vincennes et Fontenay-sous-Bois) ; plus récemment le tunnel de Limeil-Brévannes évite au TGV le goulet urbanisé de Villeneuve-Saint-Georges.

Deux autoroutes radiales se sont ajoutées à cinq routes nationales majeures : A6 passe en tunnel sous l'aéroport d'Orly, A4 s'est enterrée dans une longue tranchée couverte à Champigny pour éviter le bruit et l'effet de coupure, et l'anneau autoroutier

A86 franchit la Marne à Nogent par un tunnel pour éviter l'impact esthétique d'un pont supplémentaire (au pied de Charenton, A4 a utilisé un bras de la Marne remblayé). Le réseau de bus de la RATP a été complété par le Trans-Val-de-Marne, en site propre en surface avec quelques viaducs.

L'assainissement a justifié récemment un important réseau de tunnels (bénéficiant de l'arrivée des techniques de creusement sans tranchées) ; il comporte une profonde station de relevage. La maîtrise des débits d'orage fait appel à des réservoirs souterrains (enterrés sous le Parc de Cormailles à Ivry, et jumelé à un parking à Vitry) et à des tunnels de grand diamètre dans la vallée de la Bièvre et le long de la Seine.

Le transport aérien est représenté par l'aéroport d'Orly, interdit aux vols de nuit en raison de la proximité des habitations. Le reste du plateau d'Orly est colonisé par d'autres grands équipements (marché de Rungis, campus, hypermarchés, logistique, etc.) ; seule la corne sud-est du département, plateau de Brie et vallées de l'Yerres et du Morbras, est restée largement rurale.

2.2.3 - Découpage communal

Le département a regroupé 29 communes de l'ancien département de la Seine avec 18 de l'ex Seine-et-Oise. Il est divisé en trois arrondissements (préfecture, Créteil, deux sous-préfectures, L'Haÿ-les-Roses et Nogent-sur-Marne). Les deux communes de Bry-sur-Marne et Villiers-sur-Marne sont incluses dans le périmètre de Marne-la-Vallée, la seule des cinq villes nouvelles " Delouvrier " qui empiète sur la Petite couronne.

Choisy-le-Roi est la seule commune à cheval sur la Seine. Quelques communes sont séparées par des routes (nationale 20 entre Bagnex et Arcueil-Cachan, N 7 entre Thiais et Chevilly) ; le chemin de fer sépare aussi d'Alfortville la commune plus récente de Maisons-Alfort.

27 communes sont regroupées en six communautés, le Val-de-Bièvre (7), la Plaine-centrale (Créteil, Alfortville et Limeil-Brévannes), la Vallée de la Marne (2), le Haut-Val-de-Marne (7), Charenton-le-Pont-Saint-Maurice (2), et le Plateau Briard (6), laissant 20 communes isolées. Pour l'assainissement, 7 communes échappent au SIAAP pour se regrouper dans le SIARV avec des communes de Seine-et-Marne (Villeneuve-Saint-Georges et vallée de l'Yerres).

2.2.4 - Ressources du sous-sol, matériaux, eaux souterraines, géothermie

Si elle n'est plus qu'un souvenir, l'exploitation des matériaux du sous-sol a été autrefois intense, en surface, sables et graviers des alluvions, argiles, et en souterrain, pierre à bâtir et gypse, calcaire grossier autour du Bois de Vincennes, et d'Ivry à la Bièvre. L'Inspection des carrières de la ville de Paris tient à jour les cartes des carrières souterraines de calcaire grossier, sur 565 ha et de gypse sur 104. Récemment un forage à Ivry a fourni une modeste quantité de pétrole.

Les alluvions des vallées recèlent des nappes puissantes accessibles par des puits. Sur les versants, les nombreuses sources ont fixé maints villages d'autrefois (ainsi les noms de lieux comme Fontenay) ; les sources de Rungis et de Cachan étaient déjà captées par les Romains pour alimenter Lutèce par l'aqueduc d'Arcueil devenu Médicis. Depuis Belgrand puis Bienvenüe, la ville de Paris fait venir l'essentiel de son eau de sources situées hors de la région Île-de-France et puise le reste dans la Seine et la Marne (traitées dans les usines d'Ivry et Joinville). La nappe artésienne des " sables verts " n'est pas exploitée, et les nappes plus profondes, trop salées, fournissent 16 installations géothermiques de chauffage collectif (la moitié de toute l'Île-de-France, de nombreuses autres sont sur le point de débiter).

2.2.5 - Risques naturels

Le premier risque est l'inondation par les cours d'eau ; au moins 24 communes sont menacées ; une crue analogue à celle de 1910 submergerait près de 50 km², et affecterait 220 000 habitants, malgré la régularisation apportée par les ouvrages de l'Institution interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine (IIBRBS) ; la montée de l'eau étant lente (moins d'un mètre à l'heure), il est facile d'évacuer les personnes, mais non les mobiliers, les entrepôts et les usines ; les ouvrages souterrains dans les plaines alluviales demandent une très bonne protection contre l'entrée d'eau ; le sous-sol des reliefs permet de mettre les accès au-dessus des plus hautes eaux. Le ruissellement urbain est une source d'inondations locales, aggravées en ville par l'imperméabilisation (d'où les bassins d'orage).

Les gonflements et retraits des argiles qui déforment les bâtiments viennent au second rang ; ils affectent des surfaces



importantes à l'est du département, et les sécheresses sont plus fréquentes que les inondations. En général, il suffit de fondations approfondies et de chaînages conséquents pour que les bâtiments résistent ; les mouvements sont plus nocifs sur les pentes. Les glissements de terrain naturels le long des pentes sont rares, mais peuvent être déclenchés par l'exécution de terrassements ou par les fuites de réseaux d'eau.

On sait que l'Île-de-France est très peu sujette aux secousses sismiques (et pas du tout aux risques volcaniques).

Par contre les risques technologiques sont importants en raison de la multiplication des établissements classés Seveso, dépôts d'hydrocarbures et usines chimiques (surtout le long de la Seine) . La centrale nucléaire la plus proche est à Nogent-sur-Seine, dont des rejets accidentels pourraient polluer l'atmosphère ou les eaux du fleuve.

2.2.6 - Zones naturelles

Nombreuses zones protégées comme les îles de la Marne, les parcs, zones vertes, bois et forêts.

3 - COMMENT UTILISER LE SOUS-SOL ?

On a vu qu'il y a peu de tunnels : les transports ne font guère appel au sous-sol, et sauf l'assainissement, il n'y a pas d'autre utilisation significative.

3.1 - Qualités propres, disponibilité et propriétés physiques,

La disponibilité est la première qualité de l'espace souterrain, à proche distance sous toute parcelle tant qu'il n'y a pas de réseau superficiel déjà installé. L'accès vertical, facile à mécaniser, est rapide ; sous les reliefs l'accès horizontal est possible, qui permet la sortie sans énergie, tant des piétons que des véhicules.

Grâce à sa solidité, on sait que le sous-sol supporte les bâtiments et ouvrages d'art, mais on sous estime son aptitude à protéger contre des événements extérieurs ce qui est placé à l'intérieur, et réciproquement (propriété de confinement des phénomènes intérieurs, comme la fusion du cœur de la petite centrale de Lucens, Suisse, 1969).

Son opacité lui permet de cacher les biens précieux afin de ne pas tenter les voleurs ; sa faible conductivité thermique lui confère un pouvoir isolant, et grâce à sa forte capa-

cité calorifique il peut stocker le chaud ou le froid, à une échelle de temps en rapport avec son volume ; enfin, il peut fournir de la chaleur, car le sous-sol profond en constitue un gisement considérable.

S'il est vu traditionnellement comme fournisseur de divers matériaux et combustibles utiles, bien évidemment non renouvelables, l'eau et la chaleur qu'on y prélève sont renouvelables à plus ou moins long terme. Les volumes utilisés peuvent changer d'affectation, mais on ne peut jamais revenir à l'état initial (contrairement aux aménagements en surface qu'il est loisible de démolir).

3.2 - Difficultés

La première difficulté est d'ordre juridique : le morcellement de la propriété privée complique ou interdit les ouvrages souterrains étendus, mais aussi la disposition temporaire d'accès nécessaires aux chantiers. Réciproquement le domaine public urbain est limité à la surface des rues et places, ce qui est une contrainte forte pour la localisation de nombreux ouvrages souterrains. S'y ajoute le morcellement administratif : l'excessive fragmentation des collectivités territoriales paralyse trop souvent les initiatives communes. Une autre difficulté tient au conservatisme et à l'égoïsme des concessionnaires installés, alors que les ruptures de conduites d'eau et de gaz montrent presque chaque jour les dangers de l'enfouissement traditionnel en " pleine terre " .

Quel que soit le statut de la propriété, le volume du sous-sol d'une ville est de facto une copropriété de tous les habitants, exactement comme les murs fondations et toitures d'un immeuble collectif ; il devrait être géré d'une façon analogue.

3.3 - Adaptation à des sites variés

3.3.1 - Les plaines alluviales se prêtent mal à la réalisation d'ouvrages importants encastrés dans le sol, car ils font barrage à l'écoulement naturel de la nappe (ligne A du métro de Lyon, à Paris la fouille de la Bibliothèque F. Mitterrand). Mais on peut y loger des ouvrages plus profonds par exemple des stockages de produits pétroliers liés au voisinage du port de Bonneuil.

3.3.2 - Les plateaux offrent la possibilité de mettre en service plusieurs étages souterrains, desservis par des voies ferrées et routières à une cote juste supérieure aux hautes eaux de la plaine, et reliés à la surface à la demande par ascenseurs et monte-charge. Ce modèle illustré de façon spectaculaire à Kansas City (où l'étage utilisé est d'abord exploité pour la construction et le béton) pourrait avoir une origine parisienne puisque l'urbaniste G. Lépine a publié dans la revue du GECUS en 1957, un gigantesque projet sous le Bois de Vincennes pour y placer un parc pour un millier de voitures, une centaine de citernes de produits pétroliers, et 50 hectares d'entrepôts variés, desservis à la fois en bordure de Marne par la voie d'eau, le rail et la route.

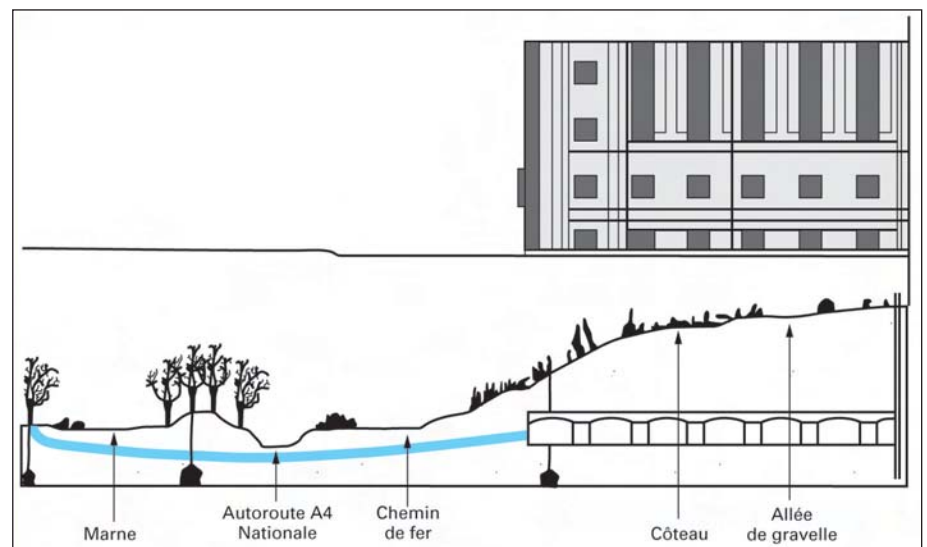


Figure 3 - Projet Lépine de lotissement souterrain du plateau de Gravelle ; la couche de calcaire grossier de valeur marchande (cf. carrière de la Brasserie) est traitée en chambres et piliers pour dégager trois espaces (parc pour un millier de voitures, citernes de produits pétroliers, entrepôts), le tout desservi par la voie d'eau (la Marne avait alors deux bras), la nationale 4 et le chemin de fer (extrait Le Monde Souterrain, 101, 1957).

3.3.3 - Les **pent**es sont des lieux privilégiés pour pénétrer horizontalement dans le sous-sol des plateaux ; elles se prêtent aussi à des aménagements linéaires, suivant les courbes de niveau, comme les lotissements en bandes superposées de l'architecte Vidal (1986).

3.4. - Quelques principes pour l'aménagement du sous-sol

3.4.1 - Faute de plan d'ensemble, le sous-sol risque de se colmater à son tour, à l'instar des territoires des banlieues d'hier ; c'est surtout vrai pour sa partie la plus superficielle, de l'ordre du mètre sous chaussées et trottoirs, dont l'encombrement rend difficile l'accès à des " étages " inférieurs. Au contraire, pour les usages les plus encombrants que l'on peut envisager, il est prudent de réserver les meilleurs sites (ce qui revient à ne pas écrémer les sites).

Jumeler et superposer les réseaux (et les autres ouvrages) sont indispensables pour économiser l'espace et préserver l'accès à la profondeur. Tout ouvrage souterrain devrait donc être à buts multiples. Ce qui est vrai pour les " petits " réseaux est valable aussi à l'échelle au-dessus : qu'il porte métro ou autoroute, le viaduc au-dessus de la rue est peu apprécié ; celui de Boston a été remplacé à grands frais par un tunnel. Parmi divers exemples de superposition, l'étage souterrain de plusieurs gares parisiennes (et d'Anvers, Zurich ou Stuttgart) et au contraire la couverture des voies par une " dalle " (jardin et parkings à la gare Montparnasse, et à plus grande échelle Paris rive gauche autour de la Bibliothèque nationale).

Pour tout projet d'ouvrage souterrain, il y a lieu d'examiner ce qu'il pourrait assumer comme mission supplémentaire, qu'il faille ou non augmenter le gabarit : un tunnel routier peut acheminer des câbles et

conduites (comme il est classique pour les ponts) ; il peut accueillir une voie réservée à un transport en commun, et servir occasionnellement à faire passer un débit d'orage ou de crue : le SMART de Kuala Lumpur et le projet MPDT de Jakarta reproduisent la gestion des voies routières couvertes le long du Paillon à Nice, et des quais de Seine à Paris alors que Chicago, Tokyo ou Singapour (et désormais Paris aussi) ont des tunnels réservés à l'eau.

3.4.2 - L'équilibre entre **l'intérêt public** et les intérêts privés exige une planification à long terme du sous-sol (qui est de la responsabilité du maire). Le " chacun pour soi " est inadmissible ; l'intérêt général n'exige pas seulement des sacrifices des particuliers, il exige que les services publics donnent l'exemple, alors qu'il a fallu un préfet déterminé (et soutenu par le gouvernement) pour faire travailler ensemble SNCF et RATP. Comme la rue, tout ouvrage souterrain doit être à buts multiples, d'autant plus lorsqu'il s'agit d'ouvrages publics. On devrait par exemple obtenir le jumelage systématique de grandes infrastructures, par exemple en superposant les voies de transport par rail et par route, en plaçant au-dessous les galeries techniques et au-dessus les câbles électriques (le projet LASER aurait-il eu plus de succès en mettant de l'espace à la disposition des concessionnaires des services publics ?).

3.4.3 - Parmi les problèmes cruciaux de la ville, **le transport du fret** paraît négligé, alors que sa croissance est plus rapide que celle du transport des personnes, et que son influence sur les encombrements, le bruit, les pollutions chimiques, etc. est bien plus forte (la même constatation valant d'ailleurs hors des villes !). Des solutions spécifiques sont à inventer suivant les catégories de produits, les gabarits, et la dispersion plus ou moins grande des points de

départ ou d'arrivée ; plusieurs réponses impliquant le sous-sol ont été tentées dans le passé :

- Les galeries de Chicago, équipées peu avant 1900 de voies ferrées étroites pour desservir les premiers gratte-ciel, transposées par Hénard dans son projet de 1903,
- les tubes, pneumatiques ou non (des projets récents invoquent divers modes de gestion, par exemple celui des transports de bagages dans les grands aéroports ; un exemple est donné par le transport des fleurs du marché d'Amsterdam à l'aéroport),
- la voie ferrée souterraine entre bureaux de poste à Londres, récemment fermée,
- l'utilisation nocturne des voies du métro.

4 - LES PROPOSITIONS

La révision en cours du SDRIF s'attache à relever trois défis :

- favoriser l'égalité sociale et territoriale et améliorer la cohésion sociale ;
- anticiper et répondre aux mutations ou crises majeures, liées notamment au changement climatique et au renchérissement des énergies fossiles ;
- développer une Île-de-France dynamique maintenant son rayonnement international.

Lors d'un atelier sur l'environnement, le Comité Espace souterrain a fait inscrire dans le projet la nécessité de considérer le sous-sol comme une ressource stratégique, **un patrimoine** :

- Il indiquera les orientations à retenir en matière d'utilisation de l'espace souterrain, avec les activités et aménagements compatibles (ou incompatibles) pour la sauvegarde de ce patrimoine. Il incitera les SCOT et les PLU à prendre en compte cette dimension.
- Afin de répondre à l'objectif de **densification urbaine**, le SDRIF indiquera les orientations à retenir en matière d'utilisation du sous-sol urbain avec les activités et équipements nécessaires à l'objectif de densification urbaine globale. Il incitera les SCOT et les PLU à faire appel à cette dimension pour mieux satisfaire cet objectif.
- Le SDRIF incitera à mieux **coordonner les moyens et les actions** pour la maîtrise pertinente de l'espace souterrain d'as-

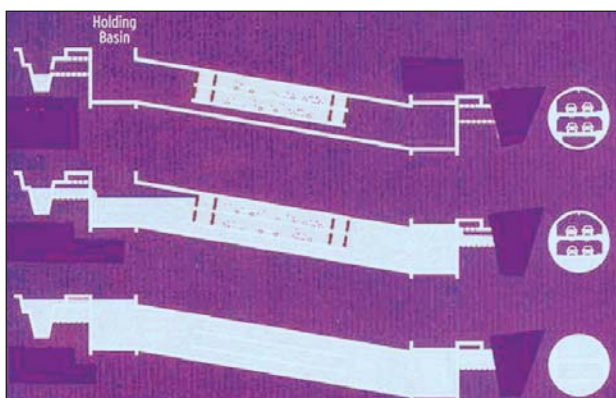


Figure 4
Le projet MPDT de Jakarta (multipurpose deep tunnel), inspiré de celui de Kuala Lumpur : tunnels à trois niveaux dont deux peuvent être réservés à l'eau, suivant le débit à évacuer (Congrès d'Amsterdam, 2008, DVD, Achmad Lanti, Firdaus Ali)



siette. En particulier, il favorisera le développement de galeries multi-réseaux visibles, particulièrement dans la zone dense.

- Pour organiser la connaissance et l'information relative au sous-sol urbain, il sera utile d'adopter au SDRIF, dans le cadre des outils d'accompagnement à développer, un atlas de cartographies de référence à l'usage des SCOT et des PLU. A cette occasion, un récolement des connaissances et des informations disponibles relatives au sous-sol de la région serait effectué.

Au-delà, il serait vivement souhaitable de constituer un système d'information géographique du sous-sol qui décrirait les principales caractéristiques du sous-sol régional, ses richesses et ses contraintes, ainsi que les modes d'utilisations déjà en place. Ce système permettrait une intégration de ces connaissances à différentes échelles. Il faudrait prévoir son alimentation par les résultats des études réalisées au niveau local ainsi que les modalités de sa mise à jour. (BRGM, IGC, Visiaurif.).

4.1 - Nouvelles liaisons de transports en commun :

Le manque de liaisons entre banlieues appelle depuis longtemps une ou plusieurs lignes de ceinture au-delà des boulevards extérieurs parisiens (où le tramway remplace peu à peu l'autobus PC). Orbitale et maintenant le projet Métrophérique sont destinés à relier des banlieues de la Petite couronne sans passer par Paris avec une ligne périphérique à 3-4 km de la limite de Paris (la SNCF présente un anneau situé un peu plus loin, en réutilisant des tronçons de la " grande ceinture " ; une concurrence qui rappelle celle entre METEOR et EOLE et illustre l'incapacité de ces deux EPIC à s'entendre pour proposer des projets communs. Si quelques zones peuvent accepter des lignes de surface, la solution souter-

raïne est obligatoire dans les zones les plus denses où s'exprime la plus forte demande.

C'est l'occasion d'équiper les terminus et les nœuds de transport en commun de parkings souterrains, d'entrepôts, et de centres commerciaux, en les adaptant aux reliefs lorsqu'il y en a.

4.2 - Territoires stratégiques et Opérations d'intérêt national

4.2.1 - Il n'est pas aisé de dissocier, parmi plusieurs grands *territoires de projet* de la région parisienne, ce qui ressort aux " centres d'envergure européenne " ou aux " secteurs de redéveloppement ". Ces " sites prioritaires " doivent avoir un rôle moteur et structurant pour répondre aux défis posés à l'Île-de-France, ils sont concernés de façon particulière par les enjeux de rééquilibrage, de réduction des inégalités et de cohésion sociale.

Sur trois OIN en Région Île-de-France, Seine amont est entièrement en Val-de-Marne, jusqu'à Orly, l'autre est marginale, qui va de Massy à Saint-Quentin-en-Yvelines. Dans l'état actuel, ces initiatives ne font aucune place au sous-sol. Elles se prêtent pourtant à des propositions concrètes ébauchées ci-dessous :

4.2.2 - Propositions pour le plateau Orly-Rungis

La liaison ferrée avec Paris n'étant pas à la hauteur de la liaison routière, on propose une voie nouvelle souterraine, embranchée sur le RER C, desservant la gare fret et les deux aéroports passagers Sud et Ouest. En parallèle le contournement sud-est des TGV serait dévié lui aussi par une voie nouvelle sous le plateau avec une gare au centre de l'aéroport (alternative à celles de Massy ou mieux s'y substituant).

Le MIN (Marché d'intérêt national) est insuffisamment raccordé à la gare de fret

de l'aéroport et se trouve désormais enclavé dans un tissu industriel et commercial qui ne lui laisse aucune chance d'extension, alors que l'extension en sous-sol offre l'avantage de la proximité (liaisons verticales courtes et faciles à mécaniser) et de la mise en service pavillon par pavillon, au fur et à mesure des besoins. Toutefois, il est clair qu'une vision à moyen terme justifiera une desserte souterraine au niveau bas de ces extensions, raccordée à la gare de fret de l'aéroport par fer comme par route, et même aux réseaux route et fer de la vallée de la Seine (évitant aux camions une part appréciable de la dénivellation).

Le contraste est saisissant entre la densité de l'urbanisation autour de la plateforme de l'aéroport et le vide qu'elle constitue ; une saine gestion du domaine pourrait le mettre en valeur en lotissant des surfaces situées entre pistes et taxiways, avec des contraintes de hauteur et de signalisation d'une part, et d'autre part une desserte uniquement par des voies souterraines. La valeur du terrain à cette distance de Paris justifie certainement les surcoûts entraînés par ces contraintes à partir d'une certaine taille de projet. Cette dernière proposition est valable pour tous les aéroports du monde, mais s'applique le mieux à ceux situés comme Orly sur un plateau, dont les eaux sont faciles à drainer et où on accède sans avoir à descendre à partir des vallées adjacentes. L'aéroport peut être le premier utilisateur pour ses besoins propres, bureaux, ateliers et surtout dépôts de carburant (mieux protégés en souterrain contre missiles et crashes d'avions).

4.2.3 - Le long plateau qui s'étend de Massy à Saint-Quentin-en-Yvelines se prête bien à une *ville nouvelle linéaire*, desservie par une infrastructure de transport multimodale largement souterraine, en adaptant le concept de l'urbaniste américain Birkerts (1984) : cette infrastructure associe tous les services avec un système de voies triples tant pour la route que pour le fer :

- voie rapide avec un échangeur autoroutier et station de métro tous les 1600 m environ,
- voie intermédiaire (arrêts tous les 400 m, bus ou tramway),
- voie lente (transport hectométrique, arrêts tous les 80 m environ).

Les nœuds principaux peuvent donner lieu à des embranchements.

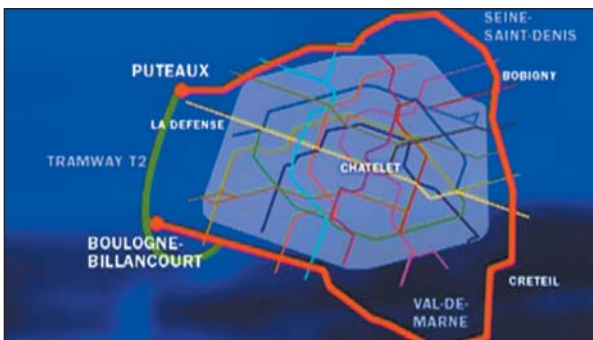


Figure 5
Le tracé schématique du Métrophérique, ligne de métro périphérique souterraine à quelques kilomètres des portes de Paris, proposé par la RATP à l'automne 2006, le bouclage étant assuré par le tramway T2 déjà en service

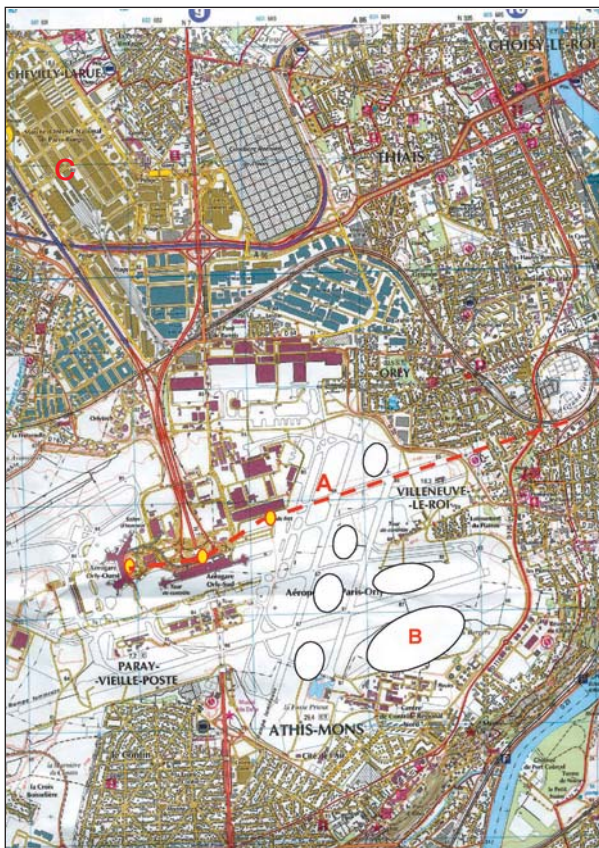


Figure 6 - projets pour le plateau Orly-Rungis :

A, embranchement souterrain du RER C desservant la gare de fret et les deux aéro-gares ; **B**, lotissement d'espaces entre pistes et taxiways, à desservir par une voirie souterraine ; **C**, doublement en souterrain des pavillons du MIN, avec desserte souterraine (et à moyen terme gare TGV sur une voie souterraine jumelée avec le RER)

6 - CONCLUSIONS

Il est banal de demander au sous-sol des matériaux de construction, et plus localement divers minéraux utiles, métaux ou combustibles, y compris des fluides, d'utiliser l'eau souterraine, renouvelable ou non ; on oublie parfois sa fonction première de support, trop évidente, support des forêts et cultures, des constructions et infrastructures : " depuis le temps que la ville existe, on a oublié qu'il y a de la géologie sous le macadam " (Legget, 1973) ; et on ignore la fonction " espace utile ", assurée par la disponibilité de volumes dotés de caractéristiques précieuses. Cette fonction est pourtant essentielle pour faire face aux problèmes d'un avenir que les évolutions démographiques et climatiques rendent chaque jour plus inquiétant. Deux congrès déjà anciens avaient posé le problème et proposé des solutions faisant place au souterrain, au niveau international à Melbourne en 1974, au niveau français à Lyon en 1979.

En France, comme dans de nombreux pays, l'aménagement du territoire est le résultat de politiques volontaristes, élaborées à différentes échelles suivant des procédures réglementaires. Jusqu'à présent ces plans et schémas sont établis seulement à deux dimensions, sans autre considération de la dimension verticale que le respect de limites de hauteur dans les zones urbaines. Le sous-sol échappait complètement à l'aménagement, bien qu'une loi de 2001 l'ait ajouté, à l'eau et à l'air, comme troisième élément à préserver. Pour la première fois, le schéma directeur de la région Île-de-France, le SDRIF, raisonne à trois dimensions, d'abord en considérant le relief et surtout en présentant le sous-sol comme une ressource stratégique face aux objectifs du développement durable.

Le sous-sol est le grand absent des schémas d'urbanisme, alors qu'après le temps des tours devrait venir celui des villes " profondes ", c'est-à-dire profondément enracinées dans leur sous-sol. **La ville durable**, qu'elle soit ancienne ou nouvelle, ne peut se passer de son sous-sol, facteur de densité, d'économies, et de lutte contre les pollutions.

RÉFÉRENCES :

- Beauregard J. de**, 1987, in Mélanges offerts à Jacqueline Beaujeu-Garnier, CREPIF, Paris.
- Belliot M.**, 1983, Géologie, paysages et activités humaines, le cas de l'Île-de-France, IAURIF.
- Birkerts G.**, 1984, Subterranean urban systems, Michigan Univ., Ann Arbor, Underground space 8-1, 44-51.
- Brégeon J., Duffaut P.**, 2008, Le sous-sol des territoires apporte des réponses aux défis climatiques, Cong. AFTES, Monaco, sous presse.
- Brousse G., Duffaut P., Labbé M., Thibault Ch.**, 2007, L'espace souterrain au service de l'aménagement du territoire, Cong. AETOS, Madrid, 33-46.
- Duffaut P., Labbé M.**, 1995, Les réseaux comme germe d'espace souterrain ; Tunnels & Ouvrages souterrains, 130, juil.-août, 255-261.
- Labbé M.**, Offre et demande d'espace souterrain, in Vingt mille lieux sous les Terres, Presses Polytechniques Lausanne.
- Lamarche V.**, 2008, Une autre vision des " entrées de villes ", Dipl. Ecole d'architecture Paris-Val-de-Seine.
- Legget R.**, 1973, Cities and Geology, Mc Graw Hill, N. York, 624 p.
- Lépine R.**, 1957, Aménagement souterrain du plateau de Gravelle Le Monde souterrain, 101, 502-504.
- Carmody J., Sterling R.**, 1993, Underground Space Design, Van Nostrand Reinhold, New York, 328 p
- Vidal H.**, 1986, La petite histoire de la Terre armée, Rev. Routes et Autoroutes, 635, 65-72.

CONGRÈS ET COLLOQUES :

- "Re-shaping Cities Using Underground Construction", Melbourne, 1974. Inst. Eng. Australia, National conf. publ. 74/5, 91 p.
- " Connaître le sous-sol, un atout pour le développement des villes ", Lyon, 1979, Mém. BRGM, 1980.
- " Tunnels et microtunnels en terrain meuble ", 1989, Coll. Intern., Presses des Ponts, Paris, 408-414.
- " Ville durable, quelle contribution du sous-sol ? " Coll. 22 oct. 2006, Tunnels et Espace souterrain.
- " Think deep " Conf. 2008, Amsterdam, DVD.