

## **Historique et généralités sur le Chemins de fer**

### **Introduction : Le chemins de fer**

Le chemins de fer est un système de transport guidé composé de :

- l'infrastructure
- Matériel roulant.

L'infrastructure est composée essentiellement de :

- La voie ferrée (formée de deux files de rails posés sur des traverses), et du matériel de signalisation.
- Le matériel roulant circule communément en convois, appelé trains ou rames.
- Les convois sont tractés par des locomotives, ou sont autotractés (on parle alors de rame automotrice).

### **Le réseau ferroviaire**

Un réseau ferroviaire est un ensemble de lignes de chemin de fer, de gares et d'installations techniques divers (atelier, dépôts, triages, embranchements particuliers, chantiers intermodaux...) qui permet la circulation de convois ferroviaires ou trains dans un ensemble géographique donné.

**L'infrastructure ferroviaire se compose de :**

- La voie ferrée
- la gare
- le passage à niveau
- la caténaire et les sous-stations
- la signalisation
- les télécommunications
- Les ouvrages d'art
- Les tunnels

### **Historique de Chemin de fer**

#### **Dans le monde**

L'un des premiers exemples de chemin guidé est celui du Diolkos, un système permettant aux bateaux de franchir l'isthme de Corinthe en Grèce, construit au VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Des chariots poussés par des esclaves. Et par des bêtes de somme circulaient dans des blocs de pierre entaillés. Ce « chemin de fer » primitif a fonctionné approximativement jusqu'en l'an 900.

Les premiers wagons tractés par des chevaux sont apparus en Grèce et dans l'Empire romain aux alentours de l'an 1000, utilisant eux aussi une voie constituée de pierres entaillées.

La réapparition des transports guidés a eu lieu en Europe aux alentours de 1550, pour des voies minières. Celles ci utilisaient des rails de bois. La première voie ferrée a été établie au Royaume-Uni au début du XVIIe siècle, principalement pour le transport du charbon d'une mine à un canal, d'où il pouvait être chargé sur des barges. On trouve des traces de ce genre de chemins de fer à Broseley dans le Shropshire. Les rails étaient constitués de bois nu, les roues étaient munies de boudins, comme sur les véhicules ferroviaires actuels. En 1768, la compagnie Coalbrookdale eut l'idée de remplacer ses rails en bois par des rails en fonte moulée, pour limiter l'usure de la voie et transporter de plus lourdes charges.

Les rails d'acier sont apparus au début du XVIIIe siècle. L'ingénieur William Jessop conçut des rails prévus pour être utilisés avec des roues sans boudin : il constituait une sorte de cornière. Ces rails devaient être utilisés pour un projet dans le secteur de Loughborough, Leicestershire en 1789. En 1790 il était de ceux qui fondèrent une aciérie à Butterley, Derbyshire pour produire des rails (entre autres). Le premier chemin de fer ouvert au public a été le Surrey Iron Railway, ouvert en 1802 par Jessop. Les convois étaient tractés par des chevaux

La première locomotive à vapeur a fonctionné sur des rails a été construite par Richard Trevithick et essayée en 1804 à Merthyr Tydfil au Pays de Galles. Cette tentative ne fut pas couronnée de succès, l'engin étant si lourd qu'il brisait la voie.

En 1811, John Blenkinsop conçut la première locomotive réellement utilisable. Il fit breveter. Un système de transport du charbon mû par une locomotive à vapeur. La ligne fut construite, raccordant Middleton Colliery à Leeds. La locomotive a été construite par Matthew Murray de Fenton, Murray and Wood. Le Middleton Railway fut donc le premier chemin de fer à utiliser la vapeur avec succès dans un objectif commercial. C'est également le premier à faire l'objet d'actes juridiques.

Le premier réseau voit le jour en Europe continentale dans la région de Saint-Étienne, en France, entre 1827 (Louis-Antoine Beaunier) et 1830 (Marc Seguin). En Europe et en Amérique du Nord, la période de plus grand développement du chemin de fer va de 1848 à 1914. Après la Première Guerre mondiale, le chemin de fer continue à se développer, notamment les lignes secondaires à voie étroite, mais il est fortement concurrencé, sur les courtes distances, par l'automobile et le camion. Après la Seconde Guerre mondiale arrive la concurrence de l'avion sur les longues distances ; les lignes secondaires disparaissent.

La crise pétrolière de 1973 marque le début du renouveau du chemin de fer, principalement pour les transports de voyageurs à l'intérieur des grandes métropoles et grâce à de nouvelles lignes inter cités, parcourues par des trains à grande vitesse

### **En Algérie**

L'histoire des chemins de fer d'Algérie commence le 8 avril 1857, avec un décret du gouvernement français qui autorise la construction de 1 357 km de chemins de fer dans la colonie d'Algérie. Le premier chantier, démarré le 12 décembre 1859, porte sur la construction de la ligne Alger - Blida. La gestion en est confiée à une compagnie privée : la Compagnie des chemins de fer algériens. Les travaux de construction sont également entrepris pour relier Oran à Saint-Denis-du-Sig ainsi que sur liaison avec le port de Philippeville - l'actuel Skikda- et avec Constantine, mais les problèmes financiers poussent la compagnie à en interrompre les travaux et à développer la ligne d'Alger, qui sera ouverte le 8 septembre 1862. Cinq autres compagnies sont créées pour construire les lignes restantes: la Compagnie Bône-Guelma (BG), la Compagnie de l'Est Algérien (EA), la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée (PLM), la Compagnie de l'Ouest Algérien (OA) et la Compagnies Franco-Algérienne.

L'objectif des 1 357 km est atteint et même dépassé, avec des tronçons construits représentant 1 365 km de voie et touchant presque toutes les villes importantes d'Algérie. Le 18 juillet 1879 une nouvelle campagne d'investissement est lancée à l'échelon national pour renforcer les lignes "d'intérêt général" avec comme objectif d'ajouter 1747 km au réseau existant. La construction de ces lignes dites "d'intérêt local" est laissée à la charge des investisseurs privés et des collectivités locales .Dans les trente ans qui suivirent, 2 035 km de ligne chemin de fer vont s'ajouter au réseau, constituant l'armature du futur réseau ferroviaire algérien.

En 1900 la Compagnie franco-Algérienne, endettée, perd sa concession; le même sort touche la compagnie Bône-Guelma en 1905 puis celle de l'Est Algérien en 1908. À partir du 27septembre1912les réseaux des compagnies en faillite passent sous le contrôle de la Compagnie des Chemins de Fer Algériens de l'État (CFAE), qui s'appuie sur la compagnie survivante, la filiale algérienne de la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée la PLMA.

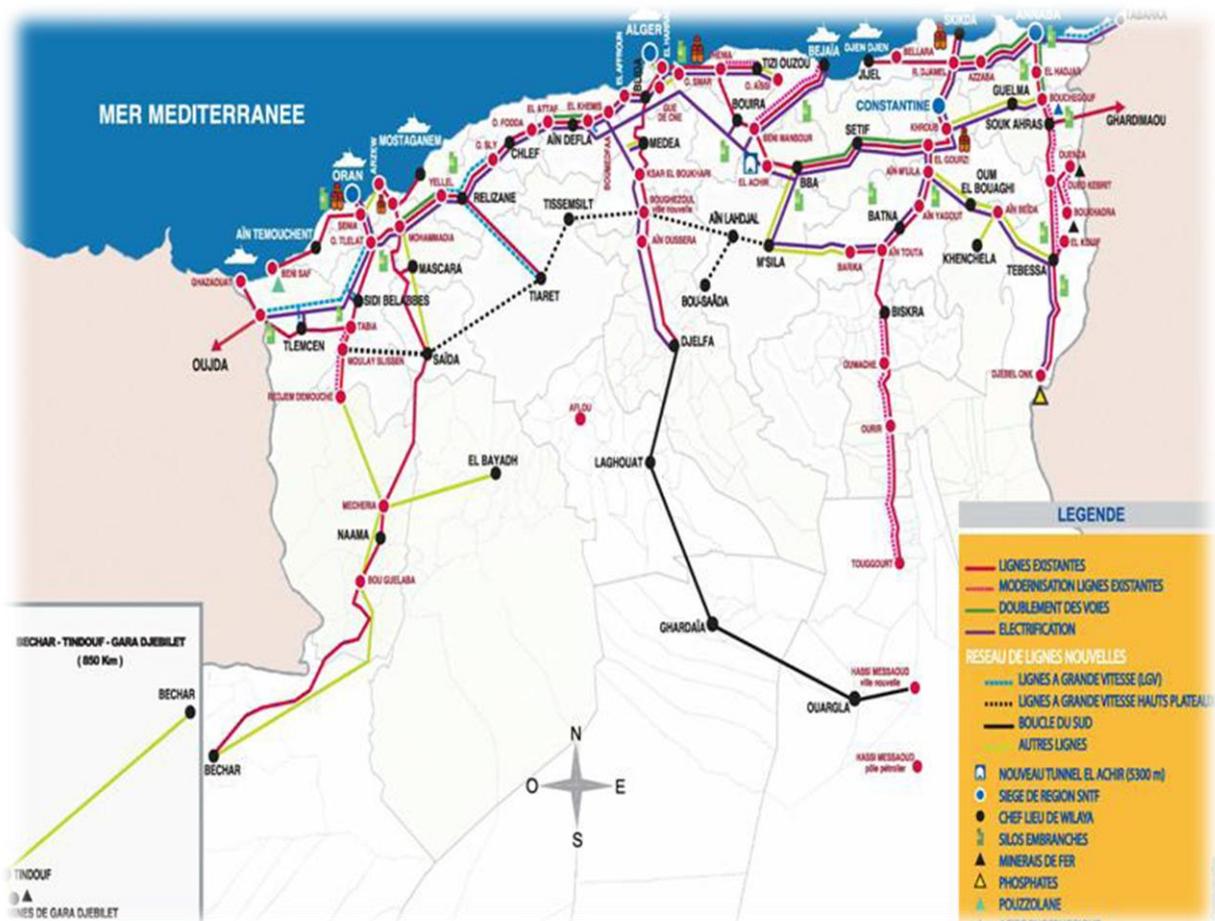
Entre 1907et 1946 une troisième campagne d'investissement ajoute 1 614 km au réseau. Le 1 Juillet 1921 les lignes existantes sont réparties entre les compagnies CFAE et PLMA : ce partage dura jusqu'au 30 mai 1938, date à la quelle les lignes d'"intérêtgénéral" des deux compagnies sont nationalisées et rattachées à la SNCF. La gestion des lignes algériennes est alors confiée à compter du 1 janvier 1939 à l'office des Chemins de fer Algériens (OCFA).

A la fin de la deuxième guerre mondiale le réseau ferroviaire algérien s'étend sur 5 015 km. Le 30 juin 1959 l'État français et l'OCFA signent une convention créant la Compagnie des Chemins de Fer Français en Algérie (CCFA) qui devient en 1963 la SNCFA (Société Nationale des Chemins de Fer Algériens) Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'état français, l'état algérien divise la SNCFA en trois organismes distincts :

- SNTF, société nationale chargée de l'exploitation et de l'entretien du réseau ferroviaire.
- SNERIF, société nationale chargée du renouvellement et de l'extension du réseau ferroviaire.
- SIF, société d'engineering et de réalisation d'infrastructures ferroviaires.
- Cette réorganisation avait pour objectif de séparer les activités d'exploitation et d'entretien de celles du renouvellement et l'extension du réseau. Cette expérience n'a pas atteint les objectifs attendus et les deux sociétés SNERIF et SIF ont été ainsi dissoutes.
- ANESRIF : Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires, est le promoteur des projets d'investissements ferroviaires. Cette agence a été créée le 20 juillet 2005, constitue un outil de management des chantiers ferroviaires et assure la modernisation du secteur ferroviaire Algérien.
- Les projets de l'agence : En 1999, le linéaire en voies ferrées disponible était de 1700 km. Aujourd'hui, il s'est hissé au niveau de 4200 km et ce, après l'achèvement de certains projets. À la réception des projets de réalisations en cours à l'horizon 2019, il sera de plus de 6.300 km.

Dès l'achèvement de tout le programme ferroviaire national, avec notamment le maillage de tout le Réseau, le linéaire total atteindra les 12.500 km (hors voies de service).

Le réseau ferroviaire national (perspective d'infrastructures d'accessibilité à l'horizon 2025):



### Classement des lignes

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune selon une vitesse maximale et une charge à l'essieu. On distingue ainsi ;

Les sollicitations d'une voie étant directement liées à l'importance du trafic qu'elle subit et à la vitesse des convois, les éléments ci-après interviennent:

- la charge réelle du trafic voyageur.
- La charge réelle du trafic marchandise.
- La charge réelle des engins de traction

Un coefficient traduisant la qualité requise par la voie selon la vitesse maximale, des trains voyageurs ou bien l'absence de trafic voyageur. Ce coefficient noté S vaut :

**S=1** : ligne sans trafic voyageur, ou comprenant un trafic voyageur essentiellement local.

**S=1.10** : ligne dont le trafic voyageur comporte des trains dont la vitesse  $V \leq 120 \text{ Km/h}$ .

**S=1.20**: ligne dont le trafic voyageur comporte des trains dont la vitesse  $120 < V \leq 140 \text{ Km/h}$ .

**S=1.25**: ligne dont le trafic voyageur comporte des trains dont la vitesse  $V > 140 \text{ Km/h}$ .

Les lignes sont classées en neuf groupes selon un tonnage fictif donné par :

$$\mathbf{Tf}_2 = \mathbf{Tf}_1 * \mathbf{S} ;$$

$\mathbf{Tf}_1$ ; c'est le trafic réel supporté exprimé par :

$$\mathbf{Tf}_1: \mathbf{Tv} + \mathbf{k}_m * \mathbf{T}_m + \mathbf{k}_t * \mathbf{T}_t$$

Avec:

$\mathbf{Tv}$  : tonnage journalier voyageurs exprimé en tonnes brutes remorquées-

$\mathbf{T}_m$  : tonnage journalier marchandises exprimé en tonnes brutes remorquées.

$\mathbf{T}_t$  : tonnage journalier voyageurs des engins de traction en tonnes.

$\mathbf{K}_m$  et  $\mathbf{k}_t$  : coefficients tenant compte à la fois de la charge et de l'agressivité des essieux.

$$\mathbf{K}_t = 1.4$$

$\mathbf{k}_m = 1.2$  : voie supportant un trafic prépondérant d'essieux de 20 tonnes.

$\mathbf{k}_m = 1.15$  ; voie supportant un trafic prépondérant d'essieux autre que 20 tonnes.

### Groupes de lignes UIC :

Les voies des lignes sont classées selon la valeur de  $\mathbf{Tf}_2$  en 9 groupes comme suit :

Groupe1 :  $\mathbf{Tf}_2 > 120.000$  tonnes

Groupe2 :  $120.000 \geq \mathbf{Tf}_2 > 85000$  tonnes

Groupe3 :  $85000 \geq \mathbf{Tf}_2 > 50000$  tonnes

Groupe4 :  $50000 \geq \mathbf{Tf}_2 > 28000$  tonnes

Groupe5 :  $28000 \geq \mathbf{Tf}_2 > 14000$  tonnes

Groupe6 :  $14000 \geq \mathbf{Tf}_2 > 7000$  tonnes

Groupe7 :  $7000 \geq \mathbf{Tf}_2 > 3500$  tonnes

Groupe8 :  $3500 \geq \mathbf{Tf}_2 > 1500$  tonnes

Groupe9 :  $1500 \geq \mathbf{Tf}_2$

### Avantages et inconvénients de la voie ferrée

La voie ferrée est connue comme l'un des modes de transports les plus intéressants en matière de développement durable et de sécurité ; elle présente néanmoins certaines avantages et inconvénients ;

#### A- Avantages

Il présente de nombreux avantages dont les principaux sont :

- Le contact métal sur métal limite a une faible valeur la résistance au roulement ce qui permet aussi la remorque des charges élevées avec une puissance et un personnel de bord souvent réduit à un homme . En contrepartie, ce contact métal sur métal augmente les distances de freinage.
- Le chemin de fer est un transport guidé qui n'offre aux véhicules qu'un seul degré de liberté en avant ou en arrière. Les changements de voie ne peuvent se faire qu'aux

aiguillages, le dépassement est impossible. Ceci constitue une sécurité vis-à-vis des accidents.

- La circulation des wagons ne se fait pas isolément comme sur la route mais en convoi.
- Le débit d'une voie ferrée est supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.
- Le coût moyen du kilomètre d'une voie ferrée à deux voies est moins cher que celui d'une autoroute à deux fois deux voies dans les mêmes conditions.
- Il présente un faible degré de pollution.
- A égalité de kilomètres transportés, le chemin de fer consomme deux à trois fois moins de carburant à la tonne transportée qu'un camion lourd.
- Pas de problème de circulation.

### **B- Inconvénients**

Le principal inconvénient du transport ferroviaire est l'insuffisance des infrastructures. Cependant, les livraisons limitées augmentent le désavantage. Surtout quand on considère qu'il n'y a pas de chemins de fer dans beaucoup de régions. En dehors de cela, on ne peut pas dire qu'il ne présente pas d'inconvénients ;

- Le bruit et les vibrations.
- Le désherbage chimique des voies.
- Une contribution à la fragmentation écologique' des écosystèmes (animaux et végétaux), cette contribution est mineur dans le cas des trains classiques (et bien moindre que pour les routes) mais elle est majeure pour les TGV, car c'est leur double clôture protège les trains des collisions avec les animaux. On notera aussi que l'effet de souffle de la brutale suppression/dépression au Passage des trains à plus de 200 Km/h peut choquer ou blesser mortellement de nombreuses espèces, même à 1m ou plus de la voie.

### **Etapas nécessaires pour l'étude d'un projet ferroviaire**

#### **Etudes préliminaires**

Les études préliminaires accompagnent l'étude économique de faisabilité. Les choix de tracé appartenant aux autorités qui auront à décider du principe de l'opération ; le souci du projecteur est de présenter diverses variantes de tracé et leur coûts de construction, chacune complétée par une étude économique.

A ce stade de l'étude, on utilise les documents existants (cartes au 1/50000 au 1/25000, cartes géologiques).

Cette étude préliminaire est, avant tout, un travail d'ingénieur, basée à la fois sur la synthèse des renseignements existants et sur les indispensables reconnaissances sur le terrain, au moins des points clés (topographiques, géologiques, hydrologiques, d'urbanisation, etc.). Elle comprend :

- un tracé d'axes sur cartes ;
- un profil en long du terrain naturel et du projet ;
- une première étude géologique ;
- une étude de terrassement limitée au calcul des volumes de déblais et remblais, complétée par une estimation forfaitaire des transports ;
- un inventaire des ouvrages importants (création et rétablissements routiers, ouvrages hydrauliques importants avec une appréciation des petits rétablissements) ;
- une estimation comprenant une somme à valoir de 25 % environ.

L'intérêt de ces estimations réside surtout dans les comparaisons entre variantes.

Après décision des autorités chargées d'approuver le projet, on fait choix d'une bande d'environ 1 km de largeur à l'intérieur de laquelle se situera le tracé d'axe définitif.

### **Etudes d'avant projet sommaire**

A cette étape de l'étude, les documents existants ne suffisent plus ; il faut entreprendre des reconnaissances systématiques sur le terrain portant sur la topographie, la géologie, l'hydrologie et les contraintes géographiques et administratives.

### **Topographie**

Pour lever le plans au 1/5000 dans une bande de 500 m située de part et d'autre de l'axe étudié au 1/25000, il faut d'abord constituer un canevas de base rattaché à un système de coordonnées rectangulaires, en implantant au sol un système de bornes tous les 1000 m environ, relié au système géodésique existant par triangulation ou trilatération. On procède ensuite à un levé photogrammétrique. Au cours du vol, il est utile de prendre également des photos fausse couleur en infrarouges nécessaires aux études des géologues. La restitution au 1/5000 est complétée au sol par des levés particuliers notamment dans les zones boisées et aux traversées de rivières.

### **Géologie**

Une bonne analyse géologique est un élément fondamental de la qualité d'un projet et de la tenue ultérieure de la plateforme. Il faut donc procéder à un inventaire complet des problèmes géologiques dans la bande retenue afin que le tracé évite les difficultés de cette nature dans toute la mesure du possible.

La zone du projet peut être naturellement stable mais elle peut également présenter certains caractères d'instabilité tels que mouvements de versants (éboulis rocheux, délitage de zones schisteuses, glissements marneux, coulées boueuses, etc.) affaissements ou effondrements (cavités naturelles, fontis, poches de dissolution, cavités artificielles, carrières marnières, etc.). Le géologue doit donc faire en premier lieu un recensement complet de toutes ces zones en examinant les cartes, les photos fausses couleurs et en visitant le terrain. Il faut également apprécier a priori les répercussions des travaux sur le terrain, une zone naturellement stable pouvant devenir instable après travaux. Ce point demande une très bonne connaissance à la fois des techniques de travaux publics et de la réaction à courts et longs termes des terrains semblables le géologue pourront utilement renseigner le bureau d'études.

Après une première ébauche du tracé et du profil en long, le géologue précise son étude dans les zones d'ouvrages d'art et de grands terrassements.

A ce stade des études, les procédés employés sont les suivants :

- la géologie classique, c'est-à-dire l'examen des cartes et de la bibliographie, la photo-interprétation par procédé fausse couleur, la visite du site géologique. Cela se traduit par l'établissement d'une carte géologique ;

- les méthodes géophysiques notamment les méthodes électriques, sismiques, gravimétriques et la diagraphie. Ces méthodes servent à l'établissement du profil du terrain suivant l'axe du tracé, et surtout à la détermination des différentes couche de terrain au sens du terrassement, c'est-à-dire meubles, défonçables ou exploitables à l'explosif.

Pour étalonner les résultats de ces dernières méthodes, il est nécessaire de procéder à des sondages, de préférence à la tarière, beaucoup moins onéreux que les sondages carottés.

L'ensemble de ces investigations permet l'établissement d'un profil en long géologique.

### **Hydrologie**

La création d'une ligne nouvelle perturbe l'écoulement hydraulique. Il faut assurer la continuité des débits des cours d'eau en dimensionnant suffisamment les ouvrages de traversées. D'autre part, la protection de la plateforme nécessite un bon drainage.

Au stade de l'avant projet, seul le dimensionnement des grands ouvrages hydrauliques joue un rôle important dans le choix du tracé.

Il faut d'abord recueillir les données hydrologiques existantes afin d'apprécier l'importance des pluies décennales et centennales qui servent de base au calcul correct des installations. Le débit centennal est relié au débit décennal par un coefficient constant dans la zone considérée.

Les valeurs exactes des coefficients en un point donné, qui varient beaucoup suivant le régime des pluies, ne peuvent être calculées que par des spécialistes.

Ces calculs doivent être complétés par des visites sur le terrain où l'hydrologue repère la forme des lits mineur et majeur des rivières, le régime de ces rivières ainsi que la cote des plus hautes eaux, le profil en long de la ligne devant toujours se situer au moins 1 m plus haut.

### **Les Contraintes géographiques et administratives**

Il faut en avoir une connaissance compétente dès le début car l'ignorance d'une contrainte à ce stade pourrait ultérieurement remettre le tracé en question. Il faut distinguer :

- les contraintes fondamentales qui conditionnent le tracé : sites classés, zones pittoresques, sites archéologiques, zones de servitudes, plans d'urbanismes, etc.
- les contraintes locales qui imposent des travaux de modification lors de la création de l'infrastructure (câbles, canalisations).

Le recensement de toutes ces conditions doit figurer sur un plan d'ensemble pour guider le projeteur dans le choix du tracé.

### **Le tracé**

Muni de ces multiples renseignements, le projeteur doit alors en faire la synthèse en vue de trouver le tracé le meilleur ; ce choix du tracé optimisé réclame de grandes connaissances générales et l'analyse de nombreuses variantes.

L'avant projet aux 1/5000 comporte :

- un tracé de la ligne défini par l'axe, les bords de plateforme et les limites de terrassement ;
- un profil en long géotechnique ;
- une étude de terrassement avec un premier mouvement des terres ;
- l'inventaire des rétablissements de voie de communication et des ouvrages d'art avec leurs caractéristiques d'ensemble ;
- une estimation avec une somme à valoir de 20 %.

### **Etude d'avant projet détaillée**

C'est dans une bande de 100 m de part et d'autre de l'axe de l'étude au 1/5000 que l'on procédera aux levés au 1/1000. Cette phase d'étude très précise permet les acquisitions de terrains et la préparation des dossiers d'appels d'offres.

Les opérations de recueil de données déjà effectuées lors de l'avant projet sont complétées dans les conditions ci-après :

#### **- Topographie**

Le réseau de bornes est densifié par un réseau complémentaire tous les 300 m ce qui permet l'implantation de tous les ouvrages sans avoir à opérer de grands cheminements. Bien entendu, les bornes sont placées en dehors de la zone des travaux afin d'être conservées pendant toute leur durée.

Le levé au 1/1000 est effectué soit par photogrammétrie, soit par levé terrestre dans les zones boisées. Le géomètre chargé de cette opération fournit le plan ainsi qu'un fichier des points levés, sous forme de bandes perforées, sont ensuite traitées par ordinateur pour fournir les cartes des points calculés, qui constituent ainsi que banque de données, base de la totalité des processus de calculs ultérieurs.

### **- Géotechnique**

Les éléments géologiques recueillis lors de l'étude d'avant projet doivent être complétés par des éléments géotechniques précis permettant des calculs de mécanique des sols. Les prélèvements d'échantillons effectués pendant les campagnes de sondages de l'avant projet sont complétées par des campagnes spécifiques de sondages carottés dans les zones d'ouvrages d'art et de grands terrassements.

A ce stade de l'étude, l'on désire connaître les caractéristiques fondamentales des terrains ; par exemple, pour les terrains meubles on effectue les essais d'indentification classiques ; granulométrie, sédimentation, limites d'Atterberg, équivalent de sable, teneur en eau naturelle.

Ces données serviront à ranger les terrains suivant un classement des sols qui permettra, compte tenu du régime hydraulique de la profondeur de gel et des contraintes d'exploitation ferroviaires, de déterminer la classe de la plateforme nécessaire au dimensionnement de la structure d'assise afin d'établir une table de correspondance indispensable au mouvement des terres, qui détermine les sols réutilisables en tous temps, ceux qui sont à mettre en dépôt définitif en enfin ceux pouvant être employés suivant certaines conditions.

En dehors des essais d'identification, on procède à des essais de compression simple, cisaillement, compression triaxiale, essais oedométrique, qui permettent de calculer : la stabilité des ouvrages en terre, les tassements des terrains sous les remblais et les pentes à donner aux talus de déblais et de remblais.

Enfin, on procède à des essais in situ en vue de déterminer la portance des ouvrages d'art.

### **- Hydrologie**

L'hydrologie doit définir avec précision les dispositifs d'assainissement transversaux et longitudinaux.

#### **a- Les assainissements transversaux**

L'hydrologue doit préciser le débouché de chaque rétablissement hydraulique pour permettre au bureau d'études le calage définitif du profil en long. Le projet terminé, l'hydrologue prépare un dossier hydraulique qui contient les calculs des débits de chaque rivière et donne le dimensionnement de chaque traversée hydraulique ainsi que les réaménagements

nécessaires au bon écoulement des eaux. Pour les calculs de dimensionnement, on distingue trois catégories de bassins versant :

Le bassin versant constitué par l'ensemble plateforme talus, dont le débit intéresse essentiellement le réseau d'assainissement longitudinal ;

- le bassin versant de superficie inférieure à 10 km<sup>2</sup> qui intéresse à la fois l'assainissement longitudinal et les traversées ;

- le bassin versant de superficie supérieure à 10 km<sup>2</sup> qui intéresse essentiellement les traversées. Pour chaque catégorie, des formules et abaques de caractère empiriques ont été mis au point.

### **b- Les assainissements longitudinaux**

Les assainissements longitudinaux conditionnent la stabilité de la plateforme ferroviaire. Un mauvais assainissement, se dégradant dans le temps, compromettra l'entretien ultérieur de la voie, donc la qualité et le confort des circulations ferroviaires.

L'assainissement longitudinal doit, non seulement drainer les eaux zénithales tombées sur la plateforme et sur les bassins versants qui y convergent, mais aussi rabattre les nappes aquifères à une certaine profondeur sous la structure d'assise.

Dans le cas d'une voie en remblai, la plateforme, pentée en général à 4 % vers l'extérieur, est drainée naturellement et il suffit de prévoir des fossés en pied de talus pour le drainage général. Par contre, pour une voie en déblai, le problème est plus complexe. S'il n'y a pas de drainage profond, l'assainissement sera constitué essentiellement de cunettes ou de fossés en béton. S'il y a un drainage profond à effectuer, il faudra munir de rehausses. Tous ces systèmes doivent être dimensionnés pour évacuer normalement les pluies décennales.

- Les rétablissements routiers et les ouvrages d'art

La technique d'études des projets routiers est voisine de la technique ferroviaire. Elles aboutissent à un dossier de projet de chaque rétablissement (plan de situation, plan au 1/1000, profil en long, profils en travers caractéristiques, calcul d'axe).

Par ailleurs, on définit sur l'ensemble d'une section d'étude les caractéristiques générales des ouvrages d'art (caractéristiques géométriques, bords, hauteur libre, etc...). Le bureau d'études d'ouvrages d'art définit alors le type d'ouvrage et surtout l'épaisseur du tablier nécessaire au calage du profil en long.

Une campagne de sondages spécifiques est lancée sur le terrain à partir de ces éléments. Un dossier d'étude préliminaire complété par les résultats des sondages et un levé au 1/200, permet au bureau d'études ouvrages d'art d'établir son projet définitif.

- Le profil en long et mouvement des terres

Le calage du profil en long est essentiellement lié à l'optimisation du mouvement de terres, compte tenu des diverses contraintes imposées.

C'est à partir des éléments apportés par la géologie et la géotechnique qu'il faut déterminer un profil projet tel que le coût global des terrassements soit minimal.

A cet effet, on utilise des prix de série basés sur la moyenne pondérée de prix pratiqués sur des chantiers semblables. Les mouvements optimaux de terre sont effectués manuellement par des projeteurs entraînés. Il existe, toutefois, un procédé informatique d'optimisation sur petite machine, qui guide le projeteur vers son choix définitif.

Cette phase fondamentale aboutit à l'établissement du profil en long projet et du mouvement des terres.

Les documents auxquels on aboutit, rendus contractuels au moment de la signature du marché, constituent la véritable charte de conduite des travaux de terrassement.

- Le projet au 1/1000

Tous les éléments sont alors réunis pour terminer le projet qui comprend les pièces suivantes :

- plan au 1/1000 équipé des rétablissements routiers et hydrauliques ;
- profil en long général au 1/1000 en longueur et 1/100 en hauteur ;
- cahier d'assainissements ;
- dossier des rétablissements routiers ;
- dossiers des rétablissements hydrauliques ;
- plan de sondages ;
- profil en long géotechnique ;
- fichier de terrassements par déblai et remblai.