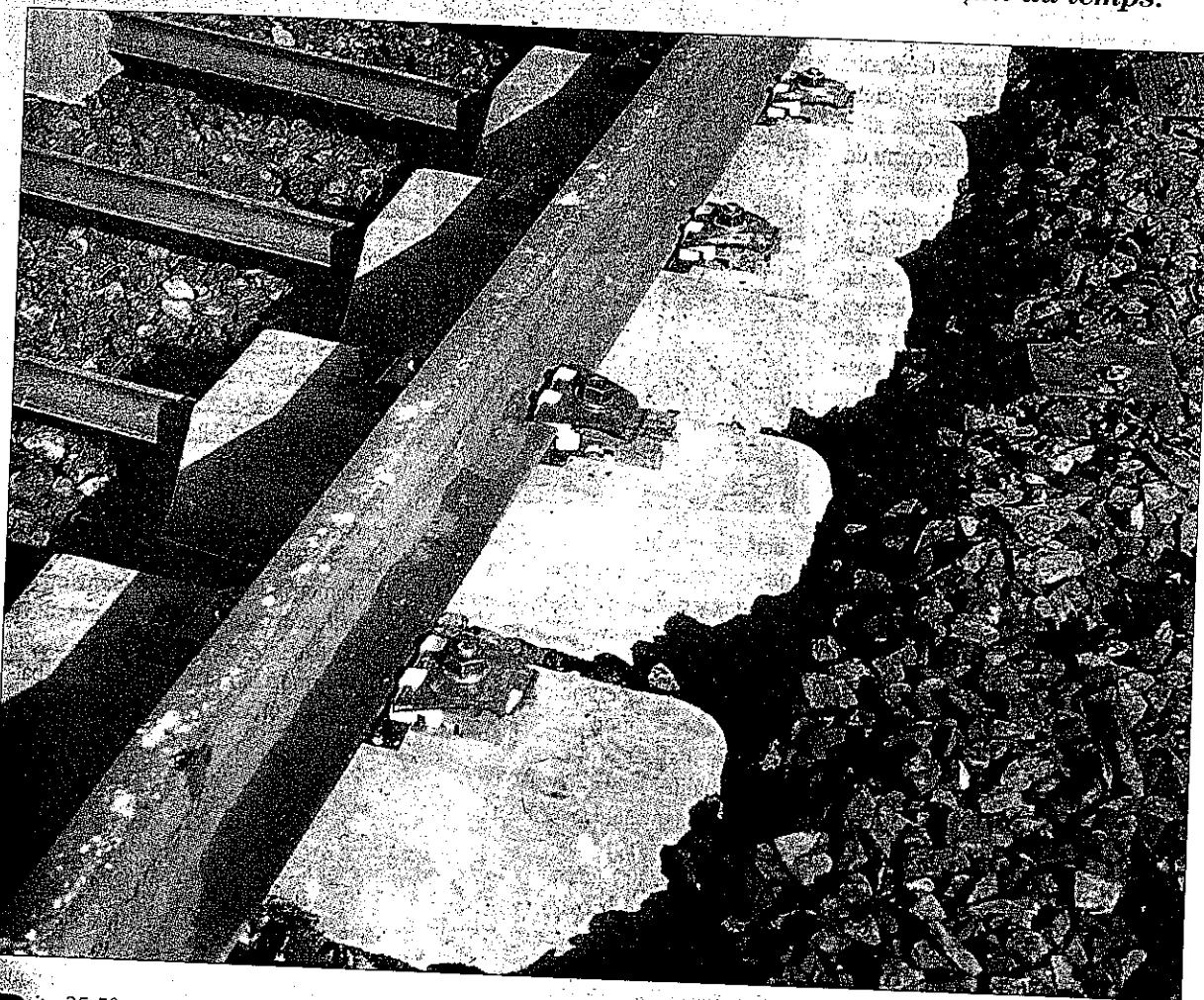


Irremplaçable ballast ?

Plus de 6 000 wagons spéciaux déversent chaque année plusieurs millions de tonnes de ballast sur les voies. Les systèmes de pose sur béton avec traverses en béton ne répondent qu'à des situations très particulières. Le ballast a donc encore de beaux jours devant lui, et un défi : être plus résistant au temps.



MARIO SAREMANTHANT

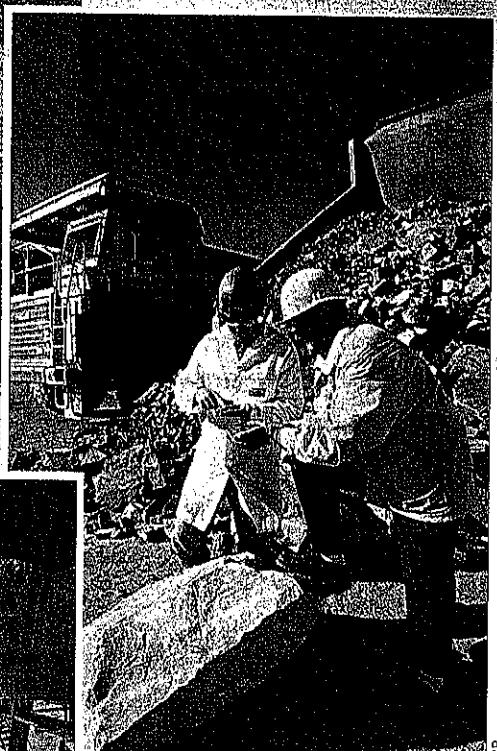
Dit « 25-50 » parce que ses grains ont des dimensions comprises entre 25 et 50 mm, le ballast des voies françaises est un matériau qui vit au rythme du passage des trains et de la création de

fines, autrement dit de fragments résultant de la dégradation de grains plus gros. Lien entre la plate-forme et la voie, le ballast est un composant du chemin de fer aussi vital que complexe.

En tant qu'interface entre la plate-forme et la voie, le ballast assure plusieurs fonctions mécaniques. En premier lieu, il crée une assise pour la voie et garantit cette assise dans le temps. La durabilité de la

LA VIE DU RAIL
3 mai 2000

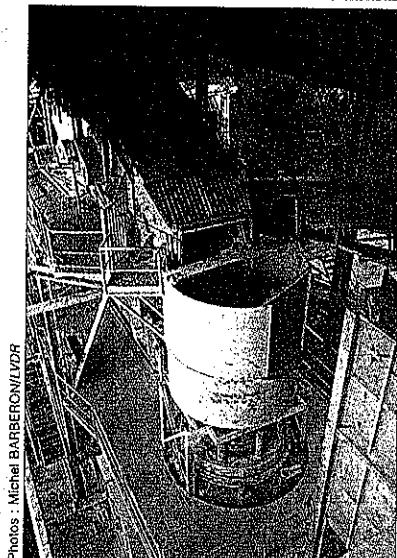
La carrière de Vignols en Basse-Normandie est au nombre des sites de production retenus par la SNCF : tir de minerai, examen du matériau, concassage sont quelques-unes des étapes faisant la naissance du ballast.



► géométrie de la voie, mais aussi la possibilité de la restaurer facilement sont à mettre au crédit du ballast. En second lieu, il bloque les mouvements de la voie sans rigidité de façon à dissiper l'énergie générée par le passage des charges.

Non content d'assurer un ajustement de la voie dans les trois dimensions, il permet encore son ajustement avec une précision au moins égale à 0,5 mm. Aux rôles mécaniques s'ajoute la fonction de drainage, afin d'éviter tout écoulement d'eau préjudiciable à la tenue de la voie. Par conséquent, un bon ballast repose sur des sous-couches saines et ne doit pas être colmaté par des fines ou des remontées de boue.

Le ballast est obtenu à partir de roches éruptives (magmatiques), telles que la granulite ou la diorite. Ces roches se caractérisent par leur grain relativement fin et la qualité de leur liant. Bien qu'il ait été utilisé dans le sud de la France, le calcaire n'est pas prédisposé à devenir un bon ballast puisqu'il est victime d'effritements et de délitements qui contrarient sa tenue dans le temps. Son emploi a d'ailleurs été abandonné en raison de son incapacité à supporter la violence du bourrage moderne. Le ballast utilisé par la SNCF provient d'une trentaine de carrières établies sur les massifs hercyniens (Morvan, massif vosgien et armoricain), mais également en Basse-Normandie, près des Pyrénées et dans les régions de Clermont-Ferrand, Limoges, Montpellier, Nevers, Thouars, etc. Après extraction, la roche est concassée, criblée et lavée. Ces opérations sont déterminantes pour le respect des spécifica-



Photos : Michel BARBERON/VOR

tions. La fragilité relative du ballast est mise en évidence par la modification de ses caractéristiques à l'issue de sa mise en tas. Celle-ci provoque des attritions (dégradation des grains par friction) et il est donc indispensable de le cibler avant son expédition.

Pour le ballast neuf, deux qualités sont distinguées : la qualité LGV et la qualité réseau classique. Destiné aux lignes à grande vitesse, le ballast LGV offre une très grande résistance mécanique. Aux deux qualités déjà citées s'en ajoute une troisième : le ballast traité obtenu par recyclage de ballast usagé. Alors que le ballast neuf est obtenu par concassage, le ballast traité est plutôt fracturé lorsque ses grains sont débarrassés de leurs parties fragilisées.

Une trentaine de carrières fournit la SNCF en ballast

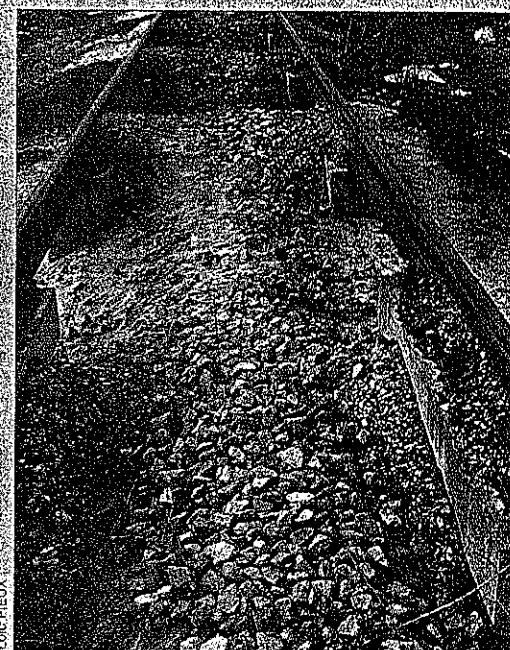
Apparaissent ainsi des différences sur les formes des arêtes et des plans de fracturation, d'où une mécanique d'articulation des grains différente. Difficilement modélisable, cette dernière fait appel à des notions de mécanique des milieux discontinus auxquelles il faut ajouter des coefficients de formes et quantité d'autres paramètres qui traduisent l'évolution dans le temps de la façon dont les grains glissent les uns contre les autres. La granulométrie (calibres des grains) n'est donc qu'une approche très incomplète du ballast.

Conforme à la norme ST 695 H, le ballast 25-50 utilisé par la SNCF est en fait un assortiment de grains aux granulométries variées. Toutefois, les proportions de grains de 16-25, 25-31, 5, 31, 5-40, 40-50 et 50-63 doivent rester dans des fourchettes établies avec précision.

Outre une bonne endurance mécanique (résistance à la fragmentation par choc, à l'usure, etc.), on attend du ballast une bonne tenue dans le temps et une résistance aux agressions dont il est victime, qu'il s'agisse des micro-fissures par ex-

Comment se passer du ballast ?

Le ballast ayant toutes les caractéristiques requises pour venir se placer entre la voie et la plate-forme, tout en étant relativement économique, lui inventer un équivalent n'est pas chose aisée. Il existe cependant des systèmes de pose sur béton avec traverses en béton. Dans ce cas, l'amortissement est confié à une semelle placée entre le rail et la traverse, ainsi qu'à des chaussons enfilés sur les extrémités des traverses. En réduisant le gabarit d'un tunnel, la suppression du ballast peut entraîner une telle économie de construction de l'ouvrage d'art que l'on accorde alors le surcroît d'une pose de voie sur béton. Toujours dans les tunnels, l'approvisionnement en ballast peut être difficile, c'est encore une raison d'adopter un système de pose sans ballast. Aujourd'hui, une partie du RER parisien, quelques tunnels sur lignes classiques, mais aussi le tunnel de la LN 5 au nord de Marseille se passent de ballast. L'absence de ballast n'est donc qu'une réponse à une situation très particulière.



Loïc FIEU

et dégel ou des agents chimiques. De plus, le ballast doit être un bon isolant électrique afin de limiter les pertes en ligne de courant de traction et d'éviter les pollutions par électrolyse. Extrêmement sollicité, le ballast destiné aux LGV est d'une qualité supérieure, mais il est mis à si rude épreuve qu'il doit être renouvelé tous les quinze à vingt ans. Moins éprouvé sur lignes classiques, le ballast peut y vivre plusieurs dizaines d'années.

Par le passé, la pose de la voie comprenait la mise en place d'une sous-couche

anticontaminante assez sommaire (scories, etc.) recouverte d'une couche de ballast relativement peu épaisse. Celle-ci était dimensionnée pour les traverses en bois qui constituent d'ailleurs un système élastique, absorbeur d'énergie et donc protecteur de la plate-forme. Avec l'arrivée des traverses en béton, le lit de ballast initial ne suffit plus, il n'est d'ailleurs pas adapté aux outils d'entretien moderne. Par conséquent, on procède à un relevage de la voie par ajout d'une épaisseur signifi-

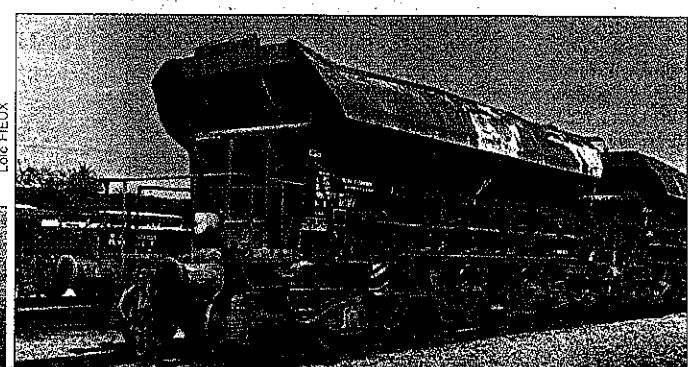
cative de ballast neuf et ce, afin d'améliorer l'assise de la voie autant que les conditions de sa maintenance. Aujourd'hui, une pose neuve comprend une épaisseur d'au moins 250 mm de ballast, ce qui permet d'envisager des charges par essieu atteignant 25 tonnes. Le ballast se plaçant sous la voie, on aimeraient pouvoir étendre un lit de ballast pour y poser ensuite la voie. Séduisante, cette méthode est difficilement compatible avec les volumes de ballast à déplacer avec des engins routiers. On préfère donc procéder par relevements successifs en répétant des passes de ballastage. Première phase, les trémies déposent le ballast sur les côtés de la voie et entre les rails. Deuxième phase, la bourreuse-nivelleuse fait glisser le ballast sous la voie. Troisième phase, la régaleuse répartit les excédents et corrige le profil en travers. Certains engins modernes sont également capables de recharger les excédents (jusqu'à 30, voire 50 tonnes) pour les distribuer là où il manque du ballast. Enfin, dernière phase, le stabilisateur fait vibrer la voie pour simuler le passage de nombreux trains et ainsi, tasser le ballast et assurer une assise correcte.

Ainsi, la pose d'une voie sur LGV comportera au moins six passes de ballastage. A noter que si le bourrage est indispensable à chaque passe, le passage du stabilisateur n'est pas nécessaire à chaque passe.

Chocs et vibrations provoquent la lente attrition du ballast. La fine ainsi créée devient un liant qui, à terme, est assimili-

► Posée sur « pilotes » en terrain sableux, la voie mère d'embranchement des ciments d'Origny à Valres (Seine-et-Marne) n'a manifestement *nul* besoin de ballast. Mais, c'est là une configuration très particulière.

La direction de l'Infrastructure dispose d'un parc important de wagons trémies spécialisés dans le transport du ballast. La construction de la LGV Nord a exigé jusqu'à 12 trains de 1 200 t par jour !



able à cuir béton injecté sous les traverses. Perdant sa résistance mécanique avec le temps, le ballast n'est plus capable d'assurer la stabilité de la voie. Comme tout agrégat, le ballast a tendance à se tasser et à s'effondrer, ce que l'on corrige en ajoutant du ballast neuf. Au fil de ces opérations de réapprovisionnement en ballast, la voie remonte de plusieurs centimètres

Michel BARBIERON/VOR

Première opération d'un renouvellement de voie (RVB), le dégarnissage consiste à enlever le ballast pollué sous la voie ancienne par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin et à l'évacuer sur des cibles pour séparer les éléments réutilisables des déchets.



Photos : Michel BARBERON/VDR

par rapport à son plan initial. D'autre part, la fonction de drainage du ballast peut-être contrariée par des remontées de terre. On comprend donc que la masse volumique du ballast usagé chargé en terre et en fines soit plus élevée ($1,7 \text{ t/m}^3$) que celle du ballast neuf ($1,5 \text{ t/m}^3$). Lorsque l'ajout de nouveau ballast complété d'un bourrage ne suffit plus à compenser la dégradation des couches inférieures, il est nécessaire de renouveler le ballast.

Avant la mécanisation des travaux de voie, le renouvellement du ballast n'était qu'assez peu pratiqué. On procédait plutôt par soufflage, ce qui revient à caler la voie en ajoutant du gravillon au ballast. Désormais obsolète, le soufflage est aujourd'hui remplacé par le bourrage qui a l'avantage d'être beaucoup plus productif puisqu'il est possible de traiter jusqu'à 1 000 m/h. Toutefois, le bourrage est très agressif envers le ballast et il a fallu adopter de nouvelles spécifications pour le ballast à l'issue de la généralisation du bourrage.

En 2000, la SNCF en consommera plus de 4 millions de tonnes

mécanique. L'évolution des méthodes d'entretien a donc en partie déterminé l'évolution des spécifications.

Indépendamment du ballast utilisé pour l'établissement des LGV – pour la LN 5, il s'agit de 0,9 million de tonnes en 1999 et de 1,2 million de tonnes en 2000 –, l'entretien du réseau SNCF exige environ 3 millions de tonnes de ballast par an. L'utilisation de ce volume se divise en trois tiers : les suites rapides (grands chantiers de renouvellement) ; les travaux hors suite rapide (renouvellement voie, ballast et appareils de voie) de moindre importance ; la maintenance classique (apports ponctuels de ballast). De telles quantités de matériaux de car-

rière justifient l'utilisation par la direction de l'Infrastructure d'un parc de wagons trémies spécialisés. Pas moins de 6 250 wagons dont

2 800 à bogies composent ce parc. Toutefois, avec 14 chargements par an en moyenne, ces wagons ont une rotation assez faible. Celle-ci s'explique par leur utilisation occasionnelle comme moyen



En dépit des progrès de l'automatisation, fixer les nouveaux rails sur les traverses exige toujours une intervention humaine.

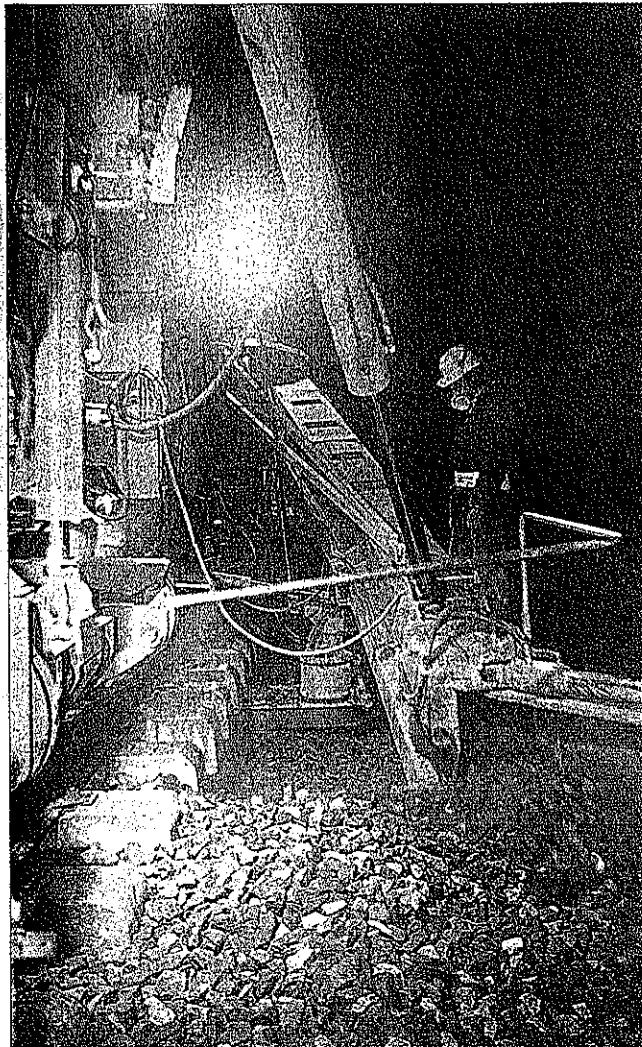


Christophe RECORAU/VDR

A voie moderne, nouveaux principes de ballastage

Introduite massivement depuis une trentaine d'années, la voie moderne (longs rails soudés – LRS – et traverses en béton) provoque des efforts longitudinaux et transversaux pour lesquels les principes de ballastage ont dû être revus. Tant la masse linéaire de ballast que son profil en travers doivent tenir compte du tracé de la voie et de son armement (nature des rails et des traverses). À cela s'ajoutent les augmentations de la vitesse et de la charge par essieu qui elles aussi ont entraîné une évolution des spécifications du ballast. Avec l'augmentation de la masse par essieu, il est intéressant d'améliorer l'assise de la voie en utilisant des traverses lourdes. On utilise donc couramment des traverses en béton de 250 kg à la place de traverses en bois de 70 kg. Cette évolution est une nouvelle contrainte pour le ballast qui supporte moins bien la friction du béton que celle du bois. On place donc entre aux extrémités des traverses des chaussons en polyuréthane afin de limiter l'attrition du ballast. Aujourd'hui, on étudie une augmentation de la charge jusqu'à 25 t/essieu. D'ores et déjà le ballast et la voie moderne sont prêts.

Une fois le ballast nettoyé et complété, les voies anciennes sont enlevées pour céder la place à de nouveaux rails et traverses.



Après la fixation des rails, une bourreuse-nivelleuse (dont on aperçoit une cabine ci-contre) fait glisser le ballast sous la voie nouvellement établie.

de stockage mobile par le client. Celui-ci n'est autre qu'un chef de district qui, dans le cadre de l'Etablissement Equipment de sa région, commande le ballast répondant à ses besoins. Tandis que la direction des Achats lance les appels d'offres européens et traite les marchés avec les carrières, c'est la section Logistique et Matériaux de carrière de la direction de l'Infrastructure qui se charge d'établir le lien entre le client et la carrière. Le client ayant commandé un

volume de ballast d'une certaine qualité (LGV, ligne classique ou retraité), la section Logistique se charge de l'approvisionnement au moindre coût rendu. Autrement dit, il s'agit de trouver le meilleur compromis entre le coût du ballast au départ de la carrière (de 35 à 65 F/t) et le coût du transport, ce dernier profitant de la massification par constitution de trains entiers. A sa façon, la section Logistique tient donc lieu de « centrale d'achat » pour les chefs de district et

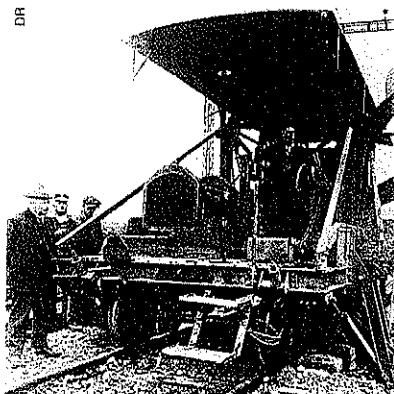
permet de « mutualiser » le coût du ballast entre les différents clients. En moyenne, le ballast sera utilisé à 200 km de son lieu d'extraction. Cela induit des coûts de transport qu'un retraitement sur place par chantier mobile pourrait réduire à condition que la qualité du ballast retraité corresponde au référentiel et au domaine d'emploi. Lors de la construction des LGV, les besoins en ballast atteignent des niveaux impressionnantes. Ainsi, la LGV Nord ►

L'absence de référentiel quant à l'usure des lignes à grande vitesse a conduit à une « régénération » (renouvellement) anticipée du ballast de la LGV Sud-Est à partir de 1997, soit une dizaine d'années avant la date fixée initialement.

Mesure de nivellement lors de la pose des voies du TGV Nord.**Un peu d'histoire**

Les premières expériences de renouvellement de voie mécanisé datent du début du siècle dernier, outre-Atlantique. En France, les premiers chantiers de ce genre sont inaugurés en 1928 sur le réseau Nord, en collaboration étroite avec les entreprises Drouard Frères et Loiseau. La logistique mise en place au début est particulièrement lourde : neutralisation simultanée de deux voies, mobilisation de deux wagons-grues et d'une rame de quatre wagons pour le

DR



Utilisée par les Chemins de fer suisses depuis 1928, la dégarnisseur-cribleuse, construite par Scheuchzer dans son atelier de Renens, est « empruntée » par le réseau Nord, qui l'emploie en 1930 au renouvellement des voies de la section d'Orry-la-Ville à Creil (8,7 km).

utilisait 14 000 t/jour, autrement dit, 12 trains de 1 200 t. De tels besoins ont en leur temps justifié l'accroissement du parc des trémies spécialisées au transport du ballast. Ce parc sera en partie garé entre la fin du chantier LGV Méditerranée et le début de la pose de la voie sur la LGV Est dans quatre ans. Dans l'intervalle, la direction de l'Infrastructure est disposée à louer ses wagons inutilisés, par exemple dans le cadre de

l'établissement des lignes à grande vitesse en Europe. Composé de wagons à deux essieux (27 t de charge utile) et de wagons à bogies (55 t de charge utile), le parc de trémies à ballast est à distinguer des trémies utilisées par le Fret pour le transport de matériaux de carrière. En effet, les trémies de l'Infrastructure sont conçues pour décharger sur les côtés de la voie, mais aussi entre les files de rails tout en évoluant à vitesse réduite.

Ecoballast à la pointe du retraitement

En 1996, SECO-DG amorce l'étude du retraitement du ballast puis crée la société Ecoballast en octobre 1997. Viennent ensuite des campagnes d'essais à Mantes-la-Jolie et sur la Grande Ceinture en 1998. Ces expérimentations sont encourageantes, mais à ce jour les domaines d'utilisation du ballast traité doivent encore être validés.

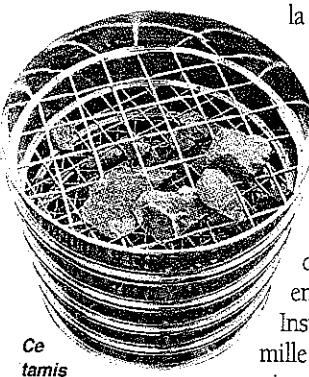
Installée à Vaires, Ecoballast traite mille tonnes de ballast par jour et en retirera environ 30% de ballast réutilisable (ballast traité). Depuis peu, Ecoballast a également mis en place une centrale de retraitement à Montchanin afin de recycler le ballast provenant de la LN 1 régénérée. Il semble que le ballast provenant des LGV offre un taux de récupération sensiblement supérieur au ballast usagé des voies classiques. L'objectif d'Ecoballast n'est pas de créer

de très grosses centrales de retraitement. Il s'agit plutôt de multiplier des structures relativement légères pour faire de la proximité un atout commercial face au

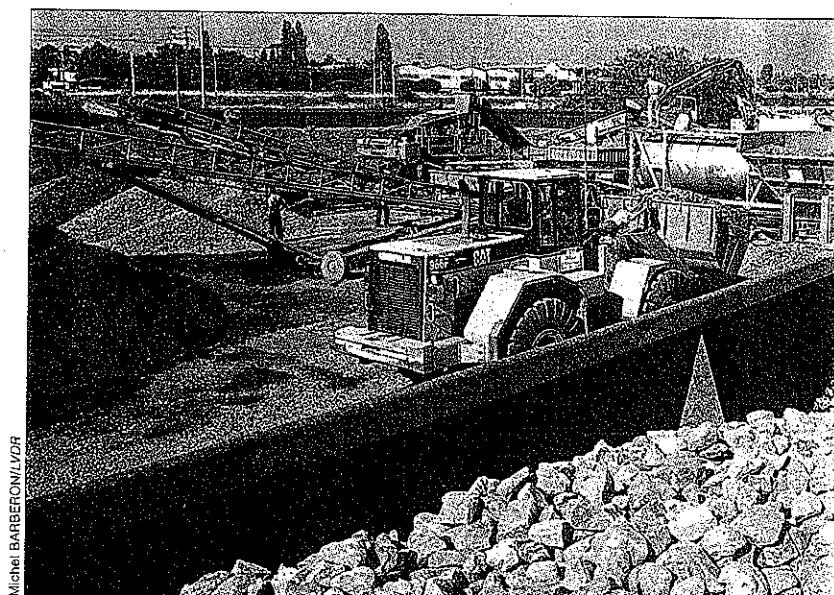
seul fonctionnement de la dégarnisseur-cribleuse, enlèvement préalable des rails et traverses. Mais la procédure s'affine rapidement et, dès 1930, apparaissent les premiers portiques et dégarnisseuses-cribleuses autonomes qui permettent la mise en place de méthodes proches, dans le principe, de celles actuellement employées. A la veille du second conflit mondial, la France est parmi les pays les plus avancés en la matière.

Br. C.

Mille tonnes de ballast sont traité chaque jour à la centrale d'Ecoballast implantée à Vaires.



Ce tamis à grilles multiples permet, par analyse d'un échantillon de 30 kg, d'évaluer la composition d'un lot de ballast traité.





Un électroaimant permet d'extraire du ballast usagé les tirefonds, éclisses et autres objets métalliques.

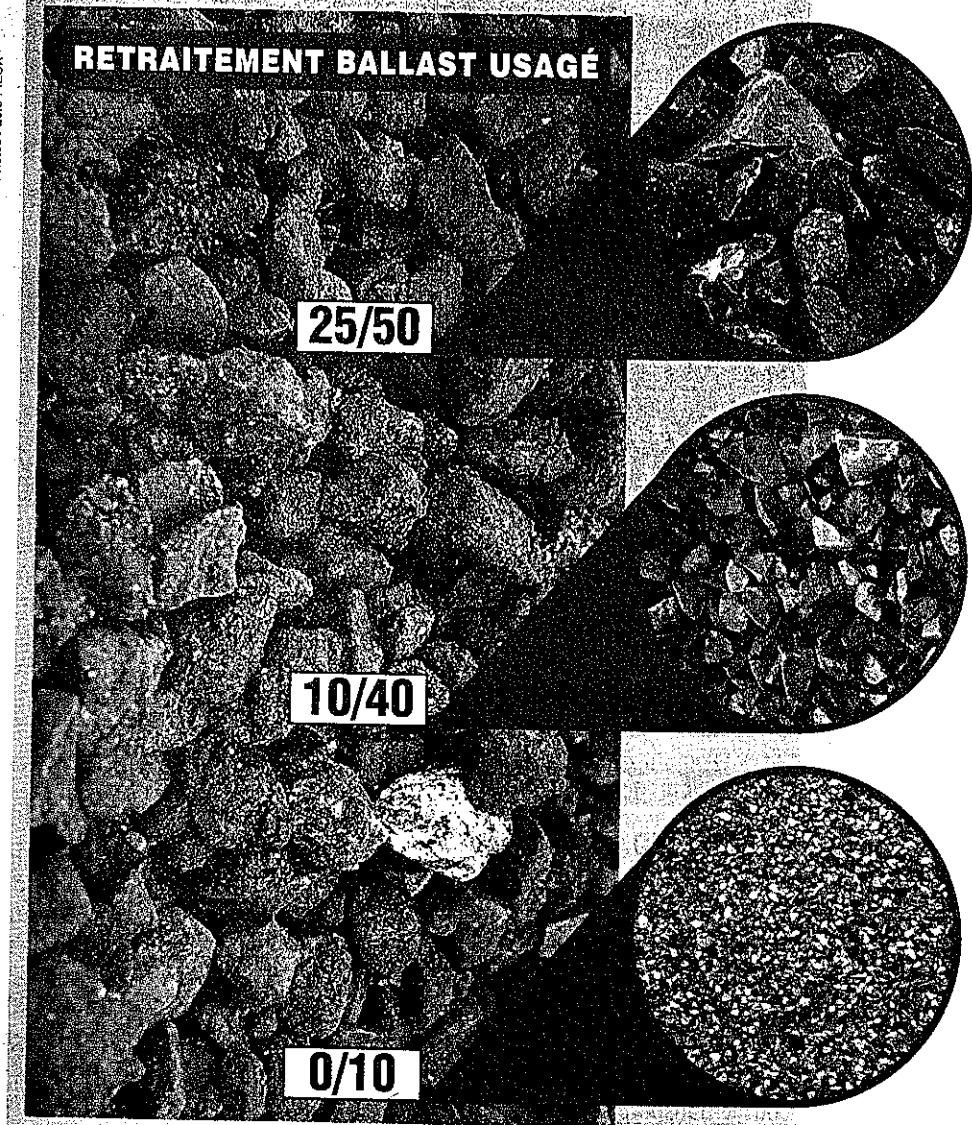
ballast neuf et venu de loin. Actuellement, Ecoballast développe l'idée de petites centrales mobiles capables de suivre les chantiers de renouvellement. Un cycle de traitement ne dure que 80 secondes et comprend : un criblage sur trois étages afin d'extraire les fines 0-10 mm et les gros éléments ; l'extraction des masses métalliques par électro-aimant ; un concassage chargé d'éliminer tout le ballast dont la résistance mécanique n'est plus suffisante ainsi que les grains dont la forme n'est plus acceptable ; la reconstitution de la courbe du 25-50 à l'aide d'un crible capable de reconstituer l'assortiment granulométrique composant le 25-50 voulu par la SNCF (ce dispositif est né d'un développement propre à Ecoballast) ; le lavage par une eau sous pression utilisée en circuit fermé (avec passage par un

Que fait-on du ballast pollué ?

A partir de ballast usagé, on récupérera :

- un tiers de la masse initiale en ballast traité, prêt pour un réemplissage ;
- près des deux tiers de la masse initiale sera transformée en produits dérivés de calibre 0-100 qui seront concassés et criblés de façon à satisfaire les besoins des entreprises de génie civil (création de sous-couche de terrassement) ;
- du métal (tirefonds, éclisses) ;
- des déchets (boues, limons, semailles de rail, bois divers...).

RETRAITEMENT BALLAST USAGÉ



bassin de décantation rapide). Large- ment pratiqué en Allemagne, le recyclage du ballast a dû être adapté aux spécifications du ballast SNCF. Dans ce but, Ecoballast s'est associée à la société allemande BSR afin de profiter de son savoir-faire tout en développant une technique capable de satisfaire le marché français.

Le retraitement du ballast est une tech- nique séduisante, puisqu'elle évite de grignoter la montagne et présente une

réelle compétitivité pour les petits volumes. De plus, elle ne rend pas le coût du ballast dépendant de la proximité d'une carrière, en assurant la traçabilité des rebuts de chantier. Enfin, elle permet une économie substantielle, la SNCF n'ayant plus à financer une mise en décharge.

On comprend donc que Ecoballast ait emprunté ses trois premières lettres aux mots écologie et économie.

Loïc FIEUX