

COMMENT MENER UN CHANTIER AVEC DES ENGINS ÉLECTRIQUES ?



Guide de bonnes pratiques à
l'attention des maîtres d'ouvrage

Avec la participation de :



SOMMAIRE

Introduction	P4
1. Les solutions techniques	P6
1.1. Branchements provisoires sur réseau électrique	P6
1.2. Groupes électrogènes thermiques	P6
1.3. Systèmes de batteries mobiles type powerbank, ou groupes pile à combustible électriques zéro émissions (à hydrogène)	P7
1.4. Branchements sur des bornes électriques automobiles	P9
1.5. Batteries interchangeables sur engins	P9
1.6. Solution de recharge Enedis	P10
2. Comment favoriser le recours aux matériels électriques dans les marchés	P11
2.1. Une démarche environnementale ambitieuse et un programme clair	P12
2.2. Consultation de la maîtrise d'œuvre – les marchés de conception	P13
2.3. Consultation des Entreprises – les marchés de travaux	P14
2.4. Réalisation et suivi des travaux	P15
3. SWOT des chantiers électriques	P16

INTRODUCTION

Conformément à la “loi climat et résilience”, une feuille de route de décarbonation des véhicules lourds a été établie. Dans la partie dédiée aux engins de chantier, les experts ont conclu que pour décarboner leurs utilisations, le recours aux solutions électriques devait être développé, en parallèle des efforts d'économie de consommations et d'utilisation de biocarburants (voire d'autres possibilités qui ne font pas l'objet du présent guide). Par ailleurs, c'est une manière de contribuer à l'effort de souveraineté énergétique nationale par l'électrification des usages.

Au-delà du coût d'acquisition souvent plus élevé, le principal défi pour les solutions électriques réside dans l'approvisionnement énergétique nécessaire à la recharge des engins. Il est donc essentiel que le maître d'ouvrage anticipe les solutions de raccordement électrique dès la phase de conception du projet.

Plusieurs solutions peuvent être imaginées, suivant les typologies des chantiers (dimensions, environnement géographique, durée...). Ce document a donc pour but de proposer des bonnes pratiques pour permettre de réaliser de façon fiable, l'alimentation en électricité ou la recharge et donc de rendre possibles des chantiers avec des engins électriques.

Ce document est destiné à des chantiers avec des Engins Mobiles Non Routiers (EMNR : mini-pelle, chargeuses télescopiques, nacelle, compacteur, etc). Les solutions envisagées concernent aussi bien des chantiers de bâtiment (logements et non-résidentiel) que de travaux publics (avec par exemple des chantiers routiers, de réseaux, de terrassement), mais aussi d'entretien paysager.

Ce document a été rédigé par un collectif d'acteurs de la filière, il est à visée pédagogique et regroupe entre autres : des fédérations représentant les fournisseurs d'engins de chantier (EVOLIS et C-MAT), la fédération des distributeurs loueurs (DLR), des fédérations d'entreprises de la construction de bâtiments (FFB-UMGO) et de travaux publics (FNTP), ainsi que des représentants de collectivités concédantes (FNCCR) et de gestionnaire de réseau de distribution d'électricité (ENEDIS). Il se veut également être un support didactique pour renseigner les maîtres d'ouvrage souhaitant s'investir dans des démarches de chantiers à faibles émissions / faibles nuisances.

Aujourd'hui, en phase de réalisation, l'impact carbone des projets est essentiellement envisagé sous l'angle des matériaux (recyclage, emploi, bas carbone...). Or, on aurait tort de sous-estimer le levier des matériels/engins et tout particulièrement des modèles électriques. Car non seulement ces matériels/engins participent à la réduction des émissions de GES, mais ils limitent également les autres nuisances des chantiers (bruit, gaz d'échappement...). Cela améliore les conditions de travail des opérateurs, et favorise l'acceptabilité sociétale des travaux.

Ce document s'adresse donc aux maîtres d'ouvrages de toutes tailles, ayant décidé d'intégrer ces enjeux à la fois environnementaux et sociétaux, dans un contexte de durcissement des exigences européennes en matière de qualité de l'air qui conduisent plusieurs villes en Europe à prendre des mesures visant à réduire les impacts négatifs, notamment en matière d'émissions polluantes (oxydes d'azote, particules...).

Ce guide présente les différentes solutions techniques existantes et fait des préconisations pour favoriser l'utilisation de matériel électrique à toutes les étapes de la passation d'un marché : de la stratégie en matière de développement durable à la réalisation des travaux.

1. LES SOLUTIONS TECHNIQUES

Sur site, les besoins en énergie varient en fonction de la localisation, de la durée du projet, de la typologie de chantier et des infrastructures disponibles. Plusieurs solutions coexistent pour répondre à ces contraintes.

1.1. Branchements provisoires sur réseau électrique

Cette solution est considérée comme la plus simple et la plus efficace, et les autres solutions sont difficilement compétitives dès que la durée du chantier est significative. Cependant, les délais de raccordement sont difficilement compressibles, et ce point doit donc être considéré dans le planning d'exécution du marché, imposant l'anticipation de la demande de raccordement bien en amont du démarrage des travaux (délai en semaines voire en mois suivant la puissance requise, *voir procédures de raccordement en [cliquant ici](#)*).

Afin de réduire les besoins en puissance appelés sur le réseau, il est possible de prévoir un lissage par des batteries stationnaires.

1.2. Groupes électrogènes thermiques

Les groupes électrogènes thermiques sont une solution couramment déployée sur les chantiers en l'absence de raccordement au réseau électrique. Leur puissance varie généralement de quelques kVA à plusieurs centaines, selon les équipements à alimenter. Les groupes électrogènes alimentent notamment les bases-vie.

Lorsqu'il est fait usage d'engins électriques, ces groupes peuvent également servir à leur recharge. Le temps de recharge varie en fonction de la typologie des groupes électrogènes, et des raccordements électriques disponibles en sortie.

La recharge des équipements électriques par un groupe électrogène thermique génère des émissions quasiment équivalentes à l'usage d'engins thermiques. Des solutions de décarbonation existent néanmoins par le recours à des groupes électrogènes à énergie non fossile :

- Le recours aux biocarburants (HVO, B100, etc.) est une possibilité, mais la valeur ajoutée est limitée par rapport à l'alimentation directe des équipements thermiques par ces mêmes biocarburants.

- Le recours à des groupes électrogènes alimentés par du biogaz ou de l'hydrogène. Ces solutions existent aujourd'hui, avec néanmoins des écarts de prix significatifs (jusqu'à 6 fois pour l'hydrogène) et une complexité logistique et réglementaire associée à la livraison du gaz sur les sites (les gaz comme l'hydrogène ou le biogaz sont beaucoup plus volumineux que les carburants liquides, multipliant les transports).

Toutefois, il s'avère que la recharge d'équipements électriques par un groupe électrogène à énergie non fossile ne se révèle que très rarement efficace. Celle-ci multiplie en effet le besoin en équipements, et engendre donc un coût économique plus important, tant en termes d'investissements que de coûts de maintenance.

1.3. Systèmes de batteries mobiles type powerbank, ou groupes pile à combustible électriques zéro émissions (à hydrogène)

Les engins électriques peuvent également être rechargés par le déploiement, sur les chantiers, de batteries mobiles (packs batteries). Ces batteries, dont la capacité varie de quelques kWh à plus de 500 kWh avec des puissances équivalentes, permettent de stocker de l'énergie électrique sur le chantier et de la délivrer au moment où les engins ont besoin d'être rechargés. Le temps de recharge dépend du pack batterie et de sa capacité à disposer de sorties triphasées et pouvant délivrer des charges rapides (récupération de 60% de la batterie en 1h30 à 2h). Le poids de ces packs batteries est généralement conséquent, allant d'environ 600 kg pour des capacités de 50 kWh à plus de dix tonnes pour les packs d'une capacité supérieure à 300 kWh.

Ces packs batteries ne servent qu'à stocker de l'énergie électrique. La question de la recharge, en fonction de la durée du chantier, se pose donc.

Plusieurs modèles possibles :

- Le recours à des packs de petite capacité mais facilement transportable, pouvant être ramenés sur un site raccordé au réseau électrique et repris le matin au départ des compagnons (si un passage au dépôt est prévu dans l'organisation du chantier) ;
- L'hybridation de ces packs avec un groupe électrogène (voir partie ci-après) afin d'optimiser l'usage du moteur thermique du groupe. Cette solution s'avère très efficace en améliorant significativement le rendement des groupes électrogènes, et donc réduisant de fait les émissions carbone

- Le raccordement de ces packs au réseau électrique lorsque celui-ci est disponible. Ils permettent de réduire la puissance d'alimentation nécessaire à la recharge des matériels sur les sites. Le pack se recharge lentement avec l'électricité fournie par le réseau, et peut délivrer, en sortie, une charge rapide aux équipements. C'est une solution efficace pour gagner en productivité sur le chantier.

Néanmoins, ces solutions de packs batteries sont soumises à des contraintes importantes en matière de transport de type TMD (transport de matières dangereuses) qui sont connues des transporteurs mais nécessitent un travail administratif plus important en amont. Dans le cas des packs avec des batteries au lithium (cas de la très grande majorité des équipements aujourd'hui disponibles sur le marché). Dès lors que le poids des batteries dépasse 333 kg, le recours à un transporteur disposant des habilitations nécessaires est requis.

Pour renforcer l'impact positif de ces solutions sur l'environnement, le transport de ces équipements avec des solutions bas-carbone (véhicules électriques) est possible.



1.4. Branchements sur des bornes électriques automobiles

Cette solution apparaît comme la plus simple à considérer car l'infrastructure de recharge est déjà en place. Toutefois, pour qu'elle soit utilisée, plusieurs précautions s'imposent :

- Un chantier dans un rayon assez proche des bornes de recharge. Même s'ils sont conçus pour circuler occasionnellement sur la voie publique, les engins de chantier n'ont pas vocation à parcourir de longues distances pour recharger leurs batteries,
- Des places de stationnement compatibles avec l'encombrement d'engins qui peuvent dépasser la taille d'une place d'automobile,
- La garantie pour l'entreprise de disposer d'espaces réservés disponibles,



1.5. Batteries interchangeables sur engins

Des solutions de batteries interchangeables commencent à apparaître sur le marché. A la date de rédaction du présent document, elles ne sont cependant pas encore répandues.



1.6. Solution de recharge Enedis

Enedis, dans le cadre de l'accompagnement de la décarbonation et l'électrification des usages, a développé, en partenariat avec un de ses fournisseurs et pour ses propres chantiers, le HUB 125. Cette solution de recharge et d'alimentation électrique mobile, raccordée au réseau, permet de recharger directement les engins de chantier sur site.

Le HUB 125 vise à remplacer les solutions thermiques en apportant une énergie plus propre, silencieuse et adaptée pour les chantiers de terrassement et de travaux publics bas carbone.

Les gains obtenus :

- Suppression de l'usage du diesel
- Réduction des émissions de CO₂
- Moins de bruit et vibrations que les moteurs thermiques
- Meilleur confort pour les équipes et riverains
- Pas de retour au dépôt pour recharger
- Meilleure disponibilité des engins
- Simplification de la logistique du chantier

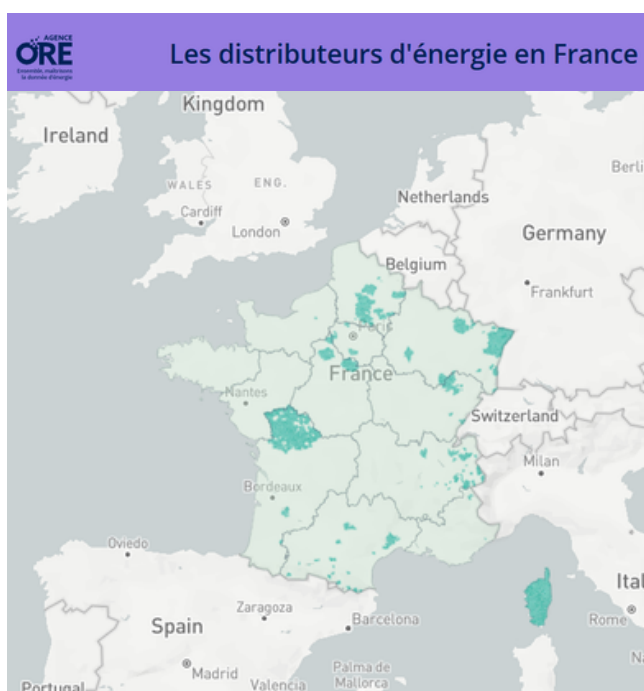


2.COMMENT FAVORISER LE RECOURS AUX MATÉRIELS ÉLECTRIQUES DANS LES MARCHÉS

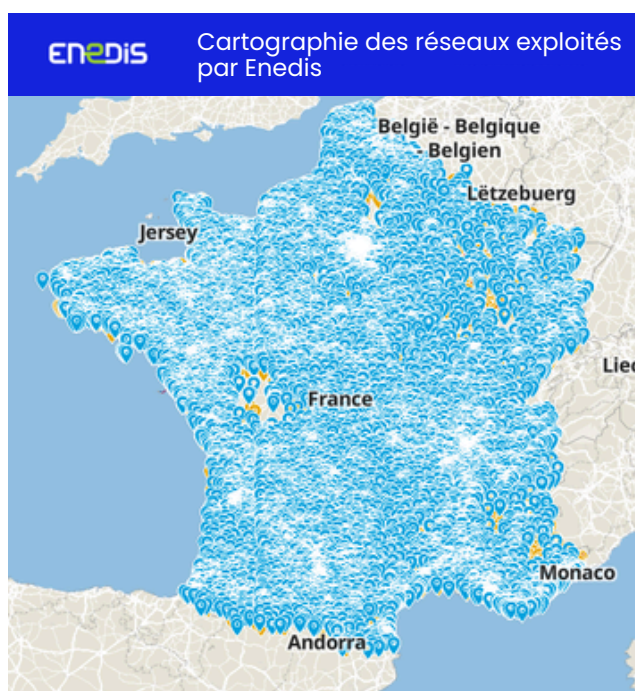
Favoriser le recours à des matériels électriques ne s'improvise pas. Cela doit être un objectif réfléchi qui implique tous les acteurs du projet : de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise, en passant par les bureaux d'études et les économistes.

Dans les critères d'attribution de son marché, la collectivité devra veiller à ce que ses objectifs de réduction des émissions de ses chantiers puissent être pris en compte, notamment par les critères prévus dans la notation. Elle devra toutefois bien veiller à ce que les critères définis disposent d'un « lien direct avec l'objet du marché » conformément aux règles de la commande publique, qu'ils soient précis et proportionnés.

Il reviendra donc à la collectivité, ou à son maître d'œuvre, de s'assurer le plus tôt possible de la proximité du réseau électrique ou des possibilités de recharge suivant la solution technique retenue. Elle prendra alors contact avec le gestionnaire de réseau concerné ou s'assurera par ses propres moyens de la mise à disposition d'un point d'alimentation électrique suffisant à proximité des travaux afin de ne pas léser l'attributaire du marché.



[Pour découvrir les 116 distributeurs d'électricité en France, cliquez ici !](#)



[Pour découvrir la cartographie des réseaux exploités par Enedis, cliquez ici !](#)

2.1. Une démarche environnementale ambitieuse et un programme clair

Lors de la programmation de ses travaux, la collectivité (ou l'AMO) définit clairement son besoin et le contexte dans lequel s'inscrit son projet. Il s'agit de définir l'objet des travaux à proprement parler mais aussi les moyens attendus pour leur réalisation. En l'occurrence, la collectivité pourra donc préciser dans son dossier de consultation que la limitation des nuisances des chantiers (acceptabilité par les riverains, de santé et sécurité au travail pour les opérateurs) et/ou la réduction des émissions de GES (enjeu lié au changement climatique) ou des polluants de type NOx ou particules (enjeu de santé publique) seront précisées et définies en tant que conditions d'exécution du marché. Pour la collectivité, c'est l'occasion de concrétiser sa démarche de développement durable et/ou à sa stratégie climat.



À PRÉCISER DANS LE PROGRAMME

- Objectifs de réduction des nuisances.
- Objectifs de réduction des émissions de GES.
- Attentes sur les matériels électriques.
- Contraintes de recharge et d'alimentation.
- Conditions d'exécution du marché.



POINT DE MÉTHODE

- Clarifier le besoin dès la programmation.
- Anticiper l'organisation du chantier.
- Vérifier la cohérence entre ambitions et moyens.



Un programme clair et ambitieux permet d'orienter efficacement la consultation et la préparation du chantier.

2.2. Consultation de la maîtrise d'œuvre – les marchés de conception

Il est primordial de choisir une équipe de maîtrise d'œuvre capable de comprendre la volonté de la collectivité, d'en faire l'analyse et de l'adapter aux possibilités locales (pour le matériel électrique, les possibilités de rechargement des batteries ou de connexion au réseau par exemple).

Dans le cadre de la procédure, il sera nécessaire de demander la rédaction d'un mémoire méthodologique permettant de juger si les candidats à la maîtrise d'œuvre ont effectivement intégré une réponse concrète à la démarche durable souhaitée par la collectivité. Cette réponse contiendra les solutions imaginées et les freins identifiés (problèmes techniques, enveloppe budgétaire...) ainsi qu'une analyse technique chiffrée, argumentée et documentée, démontrant le réel intérêt d'une solution nouvelle par rapport à une solution thermique.



ANALYSES ATTENDUES

- Disponibilité du réseau électrique.
- Puissance nécessaire pour le chantier.
- Solutions de recharge envisageables.
- Contraintes d'implantation et d'exploitation.
- Surcoûts et faisabilité technique.



LIVRABLE ATTENDU

- Un mémoire méthodologique.
- Une analyse des freins et des solutions.
- Une comparaison avec une solution thermique si nécessaire.



La maîtrise d'œuvre doit apprécier la faisabilité réelle du chantier électrique et proposer des solutions adaptées.

2.3. Consultation des entreprises – les marchés de travaux

Il n'apparaît pas opportun d'imposer systématiquement l'usage de matériels électriques à l'ensemble des marchés de travaux, les conditions techniques et opérationnelles pouvant varier selon la nature des chantiers. Néanmoins, le développement de l'offre de matériels électriques, notamment dans la gamme des engins compacts, permet aujourd'hui de répondre à un nombre croissant de besoins, en particulier sur les chantiers urbains et périurbains qui offrent par ailleurs un panel plus important d'accès à une infrastructure ou solution de recharge. Seule une évaluation environnementale globale du chantier permet d'aboutir à une quantification précise des gains environnementaux apportés par chaque solution.

Cela dit, le maître d'ouvrage peut demander aux entreprises de réduire les émissions de CO₂, de polluants (NOx, particules,...) et de bruit.

Quand le recours à des engins électriques est privilégié, les modalités de recharge des engins électriques doivent être intégrées dans le calcul total des émissions de CO₂ générées, au même titre que celles de ravitaillement en carburant sur chantier en comparaison avec une solution thermique.

Voici quelques exemples de clauses incitatives à insérer dans le CCAP (cahier des clauses administratives particulières) ou dans le CCTP (cahier des clauses techniques particulières) pour encourager au recours à l'utilisation de matériels électriques :

a. « Dans le cadre de sa politique de développement durable, [nom du maître d'ouvrage] incite les titulaires à privilégier toutes les solutions concourant à la baisse des émissions de CO₂ des polluants et de l'exposition au bruit pour la réalisation du chantier ».

b. Il est rappelé au titulaire que le maître d'ouvrage et le maître d'oeuvre veulent minimiser les nuisances relatives à la réalisation du chantier (émissions polluantes, GES, bruit...). Pour ce faire, le titulaire du marché peut avoir recours à des matériels électriques ou toute autre solution concourant à ces objectifs. À cet effet, les solutions de ravitaillement sont décrites dans le chapitre 1 du présent document.

Bien-sûr, les motivations qui conduisent le maître d'ouvrage à introduire une telle clause doivent être précisées dans le DCE (Dossier de Consultation des Entreprises) en reprenant les éléments explicités dans les chapitres précédents.

2.4. Réalisation et suivi des travaux

Lors du commencement des travaux et durant toute la durée de l'opération, il revient au maître d'œuvre de s'assurer que le chantier respecte les conditions d'exécution du marché.

Si l'attributaire du marché, dans le cadre d'un aléa, est dans l'incapacité de conduire le chantier dans les conditions qui lui sont demandées, il devra alerter le maître d'œuvre afin de convenir d'une solution de remplacement ou se voir notifié un avenant fixant les nouvelles modalités d'exécution.

Il conviendra également que soit réalisé en cours d'opération un comparatif global de la solution électrique déployée confrontée à son équivalent thermique.



POINTS DE SUIVI

- Vérifier les matériels effectivement mobilisés.
- Contrôler la disponibilité de la recharge.
- Suivre les consommations et les aléas.
- Vérifier le respect des conditions d'exécution.



EN CAS D'ALÉA

- Alerter la maîtrise d'œuvre.
- Définir une solution de remplacement.
- Adapter l'organisation du chantier.
- Prévoir un avenant si nécessaire.



Le suivi du chantier permet de vérifier les engagements du marché et d'adapter rapidement l'organisation en cas d'aléa.

3. SWOT DES CHANTIERS ÉLECTRIQUES

La volatilité des prix de marché des énergies est à prendre en compte dans le coût final du chantier (prix de l'électricité, évolution de la fiscalité du Gazole Non Routier, etc...). Une complémentarité entre les EMNR et les véhicules électriques fera partie des opportunités à l'électrification des chantiers.

FORCES

- Décarbonation très efficace grâce à une électricité française bas carbone.
- Zéro émission locale de NOx et de particules.
- Performances comparables aux engins thermiques.
- Utilisation possible en intérieur.
- Réduction importante du bruit.
- Maintenance réduite.
- Offre déjà développée sur les petites machines.

FAIBLESSES

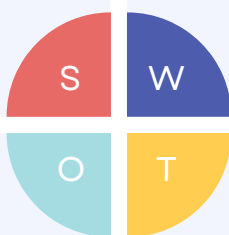
- Coût d'acquisition encore élevé.
- Nécessite une adaptation des pratiques de chantier.
- Contraintes liées aux temps de recharge.
- Offre encore limitée sur les matériels lourds.
- Besoin d'anticiper la recharge sur site.
- Contraintes logistiques pour les batteries mobiles importantes.

OPPORTUNITÉS

- Progrès rapides des technologies de recharge.
- Retour d'expérience positif des premiers utilisateurs.
- Fiabilité des matériels démontrée.
- Réglementations et ZFE favorables à l'électrification.
- Effet de recommandation des utilisateurs satisfaits.
- Autonomie généralement suffisante pour une journée de travail.

RISQUES

- Variabilité du prix de l'électricité.
- Cadre réglementaire encore évolutif.
- Dimensionnement des réseaux de transport et de distribution au regard des objectifs d'électrification de l'économie française.
- Incertitude sur le modèle économique à long terme des entreprises.





[illegible]

[illegible]

