



**vélo &
territoires**

COORDINATEUR DU RÉSEAU
NATIONAL CYCLABLE

Fiche - action n°9

REVÊTEMENTS DES AMÉNAGEMENTS CYCLABLES



QUEL REVÊTEMENT SELON QUELS CRITÈRES ?



Piste cyclable en Seine-Saint-Denis

Les aménagements sont déterminants pour permettre le développement de l'usage du vélo et autres modes actifs. Pour les cyclistes, le revêtement est un marqueur important de l'attention portée à la qualité des infrastructures par les aménageurs. Un revêtement peu roulant, non entretenu voire absent génère de l'inconfort ou de l'insécurité et impacte directement l'usage, qu'il soit quotidien ou touristique. Il est estimé qu'une portion « non revêtue » entraîne une perte de vitesse de 2 à 4 km/h en moyenne et à effort constant : une valeur conséquente sur les trajets quotidiens comme pour la longueur des étapes d'une touriste à vélo.

Parlons revêtements

L'offre des revêtements est aujourd'hui pléthorique : il existe des revêtements à liants bitumineux (enrobés aussi appelés bétons bitumineux, bicouches, grave émulsion...) ou à liants hydrauliques comme la chaux ou le ciment (sables stabilisés, béton hydraulique aussi appelé béton de ciment). Des revêtements à liant de synthèse, d'origine pétrochimique ou végétale ont également été développés récemment. S'ajoutent à cela des revêtements sans liant (sables stabilisés compactés). Cette offre abondante ne facilite pas la tâche du maître d'ouvrage. Ce dernier doit choisir un revêtement approprié au contexte, s'interroger sur la question de leur résilience face aux conditions climatiques, étudier leur impact sur l'environnement et anticiper le coût prévisionnel de l'entretien de ces revêtements pour un réseau cyclable en augmentation. Cette fiche propose d'aborder les différentes solutions de revêtement selon plusieurs critères : environnementaux avant tout, économiques et qualités d'usages. Les critères géographiques, du fait de leur caractère local, ne seront pas traités plus en détail.



Critères environnementaux

Impact sur le milieu naturel et le réseau hydrographique pendant le chantier
Comportement du revêtement avec l'eau
Intégration paysagère de l'aménagement
Durée de vie de l'aménagement et évolution

Critères économiques

Coût maximum du mètre linéaire
Coût de l'entretien
Pérennité
Balance entre dépenses d'investissement et de fonctionnement



Critères d'usages

Adaptation aux usages
Niveau de service, confort et sécurité
Cohabitation possible
Capacité du revêtement à orienter ou favoriser un type de fréquentation

Critères géographiques

Mise en œuvre du revêtement
Portance du sol
Accessibilité des véhicules de chantier
Approvisionnement et acheminement des matériaux
Présence de forte pente





Critères environnementaux

Qu'il s'agisse d'un revêtement écologique dans ses composants, dans sa mise en œuvre, ou plus résilient, des solutions existent pour les maîtres d'ouvrages soucieux de proposer des aménagements cyclables durables. Il est néanmoins complexe de synthétiser les critères environnementaux puisqu'on ne peut pas agréger le bilan carbone, la résilience, l'intégration paysagère, le cycle de vie ou encore l'acidification dans une unité commune.

LE BILAN ENVIRONNEMENTAL DES ENROBÉS EST-IL VRAIMENT MOINS BON QUE CELUI DES SABLES STABILISÉS ?

Non, pas forcément. La critique faite aux enrobés concerne souvent l'imperméabilisation des sols, la présence de bitume et leur bilan carbone. Elle peut être nuancée.

Imperméabilisation

L'imperméabilisation est plus faible que celle couramment imaginée.

D'une part, l'étanchéité générée par les pistes cyclables en enrobé est moindre que celle générée par des chaussées routières puisqu'une piste cyclable bidirectionnelle, même large, fera une largeur de 4 m contre 8 m environ pour les chaussées routières. D'autre part, lors de la réalisation d'une véloroute, inutile de récupérer l'eau pluviale puisque celle-ci n'est pas polluée, contrairement à celle des routes ; l'eau peut s'infiltrer sur les abords et ne modifie qu'à la marge le régime hydrique. Une étude allemande insiste sur la faible différence d'imperméabilisation entre les sables stabilisés, fortement compactés, et les chaussées en enrobés bitumineux. Enfin, contrairement au réseau routier dont le développement nécessite de nouvelles acquisitions foncières, les véloroutes et voies vertes empruntent essentiellement des plateformes existantes (petite route, chemin de halage, ancienne voie ferrée). Le réseau des véloroutes contribue donc peu à l'artificialisation des terres agricoles ou des espaces naturels. Au-delà de l'emprise au sol, l'épaisseur d'enrobé bitumineux est également moindre pour une piste cyclable que pour une route.



Promenade Périgord –
Quercy (24)



La Voie Verte
de la Tarentaise (73)

L'enrobé a plusieurs avantages : son confort pour le cycliste, sa pérennité et son bilan carbone, meilleur que celui des stabilisés avec un liant hydraulique.

Entretien avec Julien Dubois,
président de l'AF3V

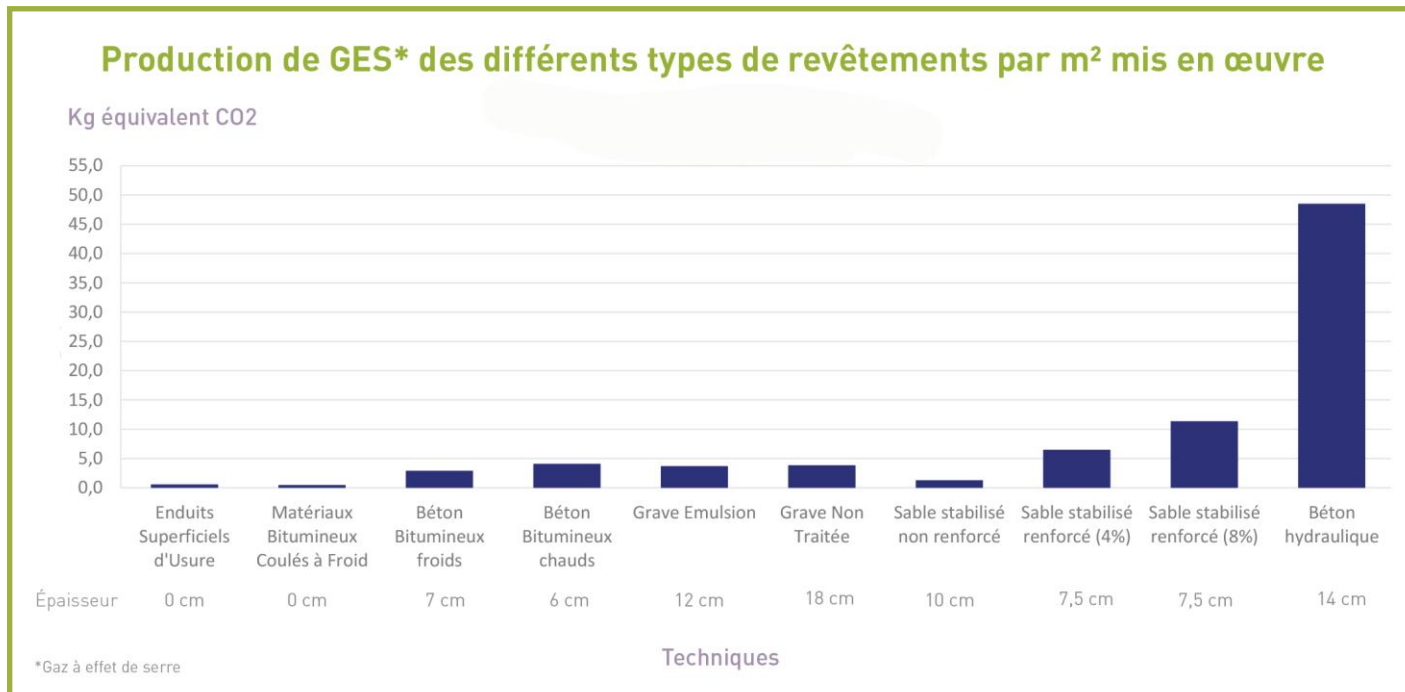
Que pensez-vous des différents types de revêtements sur les véloroutes et voies vertes ?

Contrairement aux idées reçues et malgré son aspect naturel, une voie verte en stabilisé ne favorise pas particulièrement la biodiversité des milieux qu'elle traverse. Que la surface soit revêtue ou non, elle n'est pas destinée à accueillir la faune et la flore. Bien plus que l'emprise de l'infrastructure elle-même, ce sont les abords de la voie verte qui présentent un vrai enjeu pour la préservation de la biodiversité. Ces espaces d'une surface linéaire importante peuvent avantageusement être intégrés aux trames vertes et faire l'objet de plans de gestion différenciée.

Cette confusion sur les enjeux environnementaux peut ralentir, voire remettre en cause certains projets d'itinéraires cyclables en France. Dans le Nord, la réalisation de la continuité de l'EuroVelo 4 – La Véloroute nécessitait d'aménager une ancienne voie ferrée traversant la réserve naturelle nationale de la Dune Marchand. Ce projet a été retardé de vingt ans au nom de la préservation de la nature. Finalement, grâce à la mobilisation des habitants, un compromis a été trouvé avec les gestionnaires et un stabilisé renforcé a été mis en place. Or un enrobé teinté clair aurait été plus adapté à la fréquentation élevée de cet itinéraire directement connecté à la Belgique et il n'aurait pas dégradé la biodiversité du site.

Bilan carbone

Le bilan carbone est plus favorable à l'enrobé. Les émissions de gaz à effet de serre, la quantité d'eau et de ressources naturelles requises lors de la fabrication et la mise en œuvre des stabilisés sont, en moyenne, plus importantes que pour les enrobés selon une étude menée par le Cerema. Les revêtements à liants hydrauliques consomment énormément d'énergie lors de leur fabrication, notamment lors de celle de la chaux et du ciment. Par ailleurs, l'enrobé présente un avantage de durabilité dans le temps. En outre, un revêtement roulant et confortable est de nature à favoriser un meilleur report modal vers le vélo. Le bilan carbone de la conception des aménagements cyclables en enrobé peut donc être relativisé au regard des économies d'énergie réalisées grâce à une mobilité décarbonée à vélo.



Extrait d'une étude du Cerema, disponible partiellement sur le forum de Vélo & Territoires, entrée « Bilan carbone des revêtements »

Ces hypothèses peuvent être ajustées en fonction des enjeux locaux (proximité des carrières, des cimenteries ou raffineries, optimisation en vue d'être plus performant sur GES, énergie, acidification, ressources, ...). Le choix du liant hydraulique pour le sable stabilisé impacte fortement l'empreinte environnementale. Les résultats ont été obtenus via l'éco-comparateur Ecorce2 dont le but est de fournir des données d'inventaire de cycles de vie et des résultats d'indicateurs environnementaux pour la réalisation de travaux routiers.

L'approche retenue ici est une approche environnementale à la construction, il s'agit donc d'une analyse partielle liée à la production et à la construction de l'ouvrage. Il ne s'agit pas d'une analyse de cycle de vie (ACV) qui intègre la durabilité et compare la technique sur une durée de vie équivalente : par exemple, la forte production de GES du béton hydraulique est à mettre en parallèle avec sa longue durée de vie.

EXISTE-T-IL DE NOUVEAUX REVÊTEMENTS MOINS IMPACTANTS POUR L'ENVIRONNEMENT ?

Fabrication & mise en œuvre

Des enrobés à froids, conçus pour être plus écologiques et plus sains lors de la production permettent de réduire davantage l'empreinte carbone des enrobés. Par une mise en œuvre à plus basse température, les entreprises proposant ces solutions mettent en avant une baisse de la consommation d'énergie d'environ 20 % et une réduction des GES d'autant lors de la production et de l'application. C'est ce que revendiquent Colas avec Colmat® ou Eurovia avec Ecolvia®. La durabilité de ces enrobés semble globalement saluée mais de bonnes conditions climatiques lors de la mise en œuvre sont primordiales pour ne pas altérer la qualité du revêtement. Pour son produit Shell Bitumen FreshAir®, l'entreprise annonce 40 % de réduction en moyenne des émissions de GES et de particules fines provenant des enrobés lors de la production et de l'application par rapport au bitume classique. L'utilisation de ce produit à la place d'un bitume classique équivaldrait, par kilomètre d'enrobé mis en œuvre par an, pour le NO², au retrait de la circulation de 40 voitures en moyenne, selon l'établissement.

La couleur du revêtement a également un impact sur l'environnement : les revêtements sombres accumulent la chaleur et constituent une barrière thermique néfaste pour l'environnement. Pour pallier ces inconvénients liés à la couleur noire des liants bitumineux, il est possible de choisir un substrat de couleur claire, décolorer la surface dès la pose du revêtement, décolorer ou recolorer le liant. Ces solutions augmentent le coût et l'impact environnemental mais dans une moindre mesure. À noter que l'enrobé bitumineux s'éclaircit avec le temps.

Matériaux plus écologiques & durée de vie

Les enrobés aux liants végétaux n'ont pas encore trouvé véritablement leur modèle. Parmi les plus connus, il existe aujourd'hui Végécol® de Colas et Sequoia® d'Eurovia dont l'avantage est d'être non bitumineux. Cependant, leur principal défaut est de produire des enrobés plus rigides, et donc plus « cassants ». La tenue et la durabilité des produits actuels sont par conséquent critiquées par les maîtres d'ouvrages. Les entreprises du BTP continuent à développer des formules plus pérennes de ce type de liant. Cependant, l'empreinte environnementale globale de ces liants n'est pas connue à ce jour.

Des liants organo-minéraux, à haute qualité environnementale sont disponibles. Ce type de liant, non bitumineux, se met en œuvre à température ambiante. Par exemple, le liant Aqualiant® développé par Colas, se retrouve dans les revêtements Urbalith® et Minéralith®. Ces revêtements seraient adaptés pour les chaussées à faible trafic (inférieur à 1500 véhicules par jour). Ils se sont vu décerner le label « innocuité environnementale » par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) qui les désigne comme des solutions adaptées aux zones à enjeux environnementaux.

Ouvrir aux variantes et « garantir » les revêtements. Les entreprises du BTP conseillent d'ouvrir les marchés aux variantes, au lieu de cibler précisément un type de revêtement, afin de leur permettre de proposer des nouveaux produits, des solutions plus écologiques ou des revêtements adaptés au contexte local. Pour favoriser l'expérimentation par les maîtres d'ouvrage, les solutions innovantes pourraient faire l'objet d'une comparaison objective avec les revêtements traditionnels et bénéficier de garanties ou de compensation si la solution ne se révèle pas adaptée.

Solutions recyclées

Les matériaux sont aujourd'hui recyclés selon les opportunités locales, avec des objectifs fixés par la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV). Cette loi introduit des objectifs en matière de recyclage, réemploi et valorisation des déchets du BTP. Le recyclage des matériaux en tant que remblai des nouvelles routes est aujourd'hui fréquemment développé. Le taux de recyclage des enrobés bitumineux est aujourd'hui de 20 % en moyenne mais peut atteindre 50 % selon les industries localement présentes. Ce recyclage consiste à réemployer les anciens matériaux pour les utiliser dans de nouvelles routes. En France, la première route 100 % recyclée en enrobé, à usage automobile, a été inaugurée fin 2018 par Eurovia en Gironde. La technologie utilisée reste coûteuse mais ouvre des belles perspectives.

Pour approfondir

Des liants de synthèse pour enrobés colorés

Les liants de synthèse permettent de garder l'aspect naturel des granulats, s'ils sont translucides, ou de proposer des teintes colorées, par l'ajout de pigments. Ils ne contiennent pas d'asphaltènes (molécules responsables de la couleur noire). La couleur noire peut en effet créer une analogie routière dans certains espaces, un revêtement d'une autre couleur permettra alors de favoriser son intégration paysagère.

Par exemple, Shell Bitumes a développé Shell Mexphalte C, une gamme de liants clairs de synthèse. Ce produit est également disponible en liant basse température pour diminuer la température d'enrobage des granulats d'environ 20°C selon l'entreprise. Des produits similaires existent chez Total avec la gamme Kromatis © ou chez Colas avec le liant Bituclair ©.



La gamme de liants Shell Mexphalte C de Shell Bitumes

Une première mondiale

PlasticRoad, la première piste cyclable en plastique recyclé

Aux Pays-Bas, à Zwolle, la première piste cyclable en plastique recyclé, d'une longueur de 30 m, a été inaugurée en 2018. Celle-ci intègre 40 % de déchets plastiques, soit l'équivalent de 218 000 gobelets en plastique. Composée de modules préfabriqués, elle s'installe rapidement, permettrait un meilleur drainage de l'eau et est recyclable en fin de vie afin d'assurer un cercle vertueux. Cependant, on peut s'interroger sur le bilan carbone du transport et de la collecte des matériaux ainsi que le devenir et la décomposition dans la nature de ce produit au fil du temps.

PlasticRoad : une piste cyclable en plastique recyclé



Diminution de la consommation d'électricité

La pose de revêtements plus clairs en fait partie. En réfléchissant davantage la lumière, ils nécessitent moins d'éclairage pour fournir un même niveau de luminosité et diminuent ainsi les besoins en électricité. Le procédé Lumiroute® a démontré que des économies d'énergie de 70 % pouvaient être réalisées en optimisant le couple revêtement et lumière. Des économies importantes d'énergie peuvent être obtenues en limitant la hauteur de l'éclairage zénithal des voies cyclables. Des innovations existent également pour assurer visibilité sans consommation d'électricité comme l'explique Jean-François Létard au sujet de l'innovation LuminoKrom®, lauréate du Comité d'Innovation Routes et Rues en 2019.

Production d'électricité

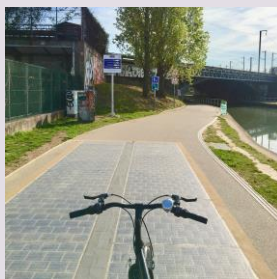
Parmi les solutions innovantes, s'y trouvent des revêtements qui produisent de l'électricité. Cela est possible grâce à un revêtement routier photovoltaïque qui se présente sous forme de dalles. Développée par Wattway, établissement du groupe Colas, cette technologie se pose sur tout type de revêtement, y compris sur une piste cyclable, et permet la production d'électricité afin d'alimenter des équipements électriques à proximité de cette infrastructure (bornes de recharge pour vélo, éclairage ou wifi dans une aire de services...).

Cette technologie présente un intérêt dans les zones où le réseau est difficile d'accès, ce qui évite les coûts de raccordement, d'abonnement, ainsi que des démarches administratives longues et complexes. Comment cela fonctionne-t-il ? Le dispositif, composé de trois à douze dalles Wattway et d'un pack de batterie, est positionné à proximité de l'infrastructure à alimenter. Les études et dimensionnements permettant d'établir le nombre de dalles photovoltaïques nécessaires sont réalisés en fonction de l'exposition au soleil et des besoins énergétiques des équipements à alimenter. À titre d'exemple, dans le sud de la France, une installation composée de trois dalles permet d'assurer la recharge totale de deux vélos à assistance électrique de 400 Wh par jour. D'autres services comme le verrouillage des systèmes de box vélo ou consignes bagages, la recharge de téléphones portables peuvent également être alimentés. La durabilité de ce type de revêtement et les possibilités de recyclage offertes en fin de vie ne sont à ce jour pas connues.

Retour d'expérience

Seine-Saint-Denis : la première piste cyclable solaire de France

Piste cyclable photovoltaïque le long du Canal de l'Ourcq (93)



Depuis début 2019, le département de la Seine-Saint-Denis expérimente un projet de dalles photovoltaïques avec la société Wattway by Colas. Le long du Canal de l'Ourcq, ce sont 54 m² de dalles qui ont été installées dans l'objectif d'éclairer la sous-face d'un pont, de jour comme de nuit. Cet endroit est particulièrement sombre pour les usagers et peut même s'avérer dangereux lorsque la différence de luminosité entre le pont et les berges est trop importante. Le système permet donc d'assurer l'éclairage tout en rechargeant les batteries, avant que le réseau électrique ne prenne le relais lorsque toute l'énergie stockée a été consommée.

La quantité d'énergie produite atteint, en moyenne 16,52 kWh/jour, ce qui permet d'assurer 58 % de la consommation journalière liée à l'éclairage.

Le département de la Seine-Saint-Denis semble plutôt satisfait de cette installation ; cette dernière fait l'objet d'évaluations tout au long de la phase d'expérimentation afin d'estimer sa pérennité, la quantité d'énergie produite et les économies d'énergies réalisées. Seule ombre au tableau : les usagers ont tendance à éviter l'installation et à se déplacer à côté de celle-ci alors même que la démarcation entre les dalles et l'enrobé est continue, avec seulement quelques millimètres de différence, et que de bonnes conditions d'adhérence sont garanties.

Entretien avec
Jean François Létard,
directeur d'Olikrom

Des procédés innovants permettent également d'assurer luminosité sans consommation d'électricité à l'instar de la peinture luminescente.

Vélo & Territoires : Quels sont les caractéristiques et avantages de la peinture LuminoKrom® ?

J.-F. Létard : Cette peinture luminescente se charge la journée à la lumière solaire et restitue la lumière la nuit, sans apport d'électricité. Le cycliste peut voir jusqu'à 80 m devant lui en début de nuit et 30 m en fin de nuit, contre 8 m devant lui habituellement. Cela permet d'anticiper les virages, améliore la visibilité et le sentiment de sécurité.

C'est particulièrement intéressant pour les aménagements cyclables hors agglomération et pour les collectivités qui éteignent leur éclairage la nuit mais qui souhaitent assurer le confort et la sécurité de leurs usagers-ères.

La peinture est-elle efficace dans les zones ombragées ou pluvieuses ?

J.-F. Létard : Oui, elle fonctionne également et s'applique de manière similaire. Elle y est même plus optimale car le contraste est exacerbé dans les endroits ombragés. Le produit dispose d'un bon coefficient d'anti-glissance, ce qui n'altère pas la sécurité des cyclistes dans les zones pluvieuses.

Est-ce utilisable sur tous types de revêtements et durable dans le temps ?

J.-F. Létard : C'est utilisable sur tous types de revêtement : enrobés, bétons et stabilisés. Il s'agit aujourd'hui d'un produit réservé aux pistes cyclables, car la certification est plus longue pour en faire un élément de marquage routier.



Piste cyclable luminescente à Pessac (33)

COMMENT AUGMENTER LA RÉSILIENCE DES REVÊTEMENTS ?

Des revêtements résilients résistent aux contraintes environnementales extérieures malgré des conditions climatiques défavorables et assurent ainsi un cycle de vie plus long et des économies pour la collectivité. L'érosion des revêtements de voies vertes provient du ruissellement de l'eau en surface et dépend également de la fréquentation des usagers. Cette érosion est corrélée au type de revêtement utilisé : les enrobés bitumineux et bétons y sont moins sensibles contrairement aux stabilisés à liant hydraulique et *a fortiori* à ceux sans liant. Cette fiche s'intéresse aux revêtements, soit la couche de roulement de 4 à 8 cm, qui est visible et qui confère le caractère roulant de la route mais la structure ne doit pas être négligée : une assise épaisse et solide en dessous favorise la pérennité de l'aménagement.

Face aux racines

Il n'existe pas de remède miracle mais le maître d'ouvrage peut agir sur la chaussée en elle-même ou sur les essences d'arbres en cas de nouvelles plantations.

Pour amoindrir les effets des racines, qui soulèvent le revêtement et entraînent inconfort et insécurité potentiels pour les usager·ère·s, il faut veiller à décaisser la chaussée d'au moins 60 cm. L'incidence du choix du revêtement face aux racines n'est aujourd'hui pas déterminée. Stabilisé et béton pourraient être moins sensibles à la pression des racines mais l'essentiel serait surtout d'agir sur la structure de la chaussée.

Agir sur la structure de la chaussée avec du géotextile. Ajouter du géotextile dans la structure ou mettre en place une fondation en empierrement de grosse granulométrie pour renforcer l'aspect « drainant » peut limiter la croissance des végétaux sous la couche de roulement, notamment à proximité des arbres dont les racines pourraient porter atteinte à la chaussée.

Favoriser les essences d'arbres aux racines pivotantes. Les arbres comme les érables, les peupliers, les saules ou encore les platanes sont donc à éviter.

Pourquoi enrobé et arbres font-ils mauvais ménage ?

Les interactions entre racines et enrobé bitumineux sont complexes à analyser mais l'enrobé, en créant une surface imperméable à l'intérieur de la structure, favoriserait la condensation et rendrait le milieu propice au développement de racines. D'autres recherches indiquent que les molécules du bitume favoriseraient la croissance des racines.

Face à l'eau

Privilégier les enrobés, enduits ou bétons.

Ces revêtements sont plus résilients face aux crues et aux inondations. Les stabilisés ne sont pas conseillés car selon la manière dont la crue se retire, le revêtement pourra être arraché. Il est estimé que la durée de vie d'un revêtement en stabilisé avec 4 à 8 % de liant hydraulique n'excède guère 10 ans, voire moins s'il y a des pentes. Si la mise en place de stabilisé est malgré tout imposée, le stabilisé renforcé avec liant hyper pouzzolanique serait le plus résistant d'après les retours d'expériences du département de la Loire-Atlantique le long de La Loire à Vélo.

L'utilisation des revêtements drainants face aux inondations, une fausse bonne idée !

Revêtements drainants et perméables, une solution dans les zones inondables ? C'est une mauvaise idée selon Joël Lesage du département de la Vendée : « Dans le cas des pistes cyclables, les crues amènent particules et déchets qui risquent de colmater le revêtement. Or, pour décolmater ce type de revêtement l'idéal est la circulation automobile : en grand nombre et avec des pneus larges. Sur une piste cyclable, le revêtement aura du mal à se décolmater avec le passage des vélos et perdra son caractère perméable. »

Aménager la pente de la piste cyclable. Une pente unilatérale de 2,5 % permet à l'eau de s'écouler sur un des côtés afin qu'elle ne stagne pas sur le revêtement. Une piste « en toit » n'est pas conseillée car elle a tendance à s'aplanir progressivement, favorisant la stagnation. Surélever légèrement la chaussée permet de favoriser la pénétration de l'eau dans des abords préférablement végétalisés. Des aménagements complémentaires, comme un réseau de fossés, de cunettes ou des bassins d'orage assurent un meilleur drainage de l'eau et évitent la dégradation de la piste lorsque les eaux de ruissellement la traversent.

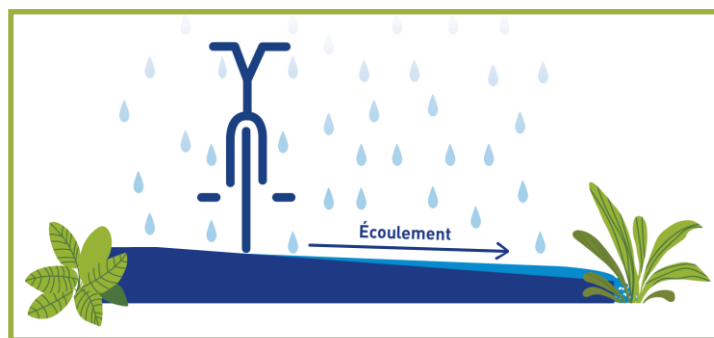


Schéma d'une piste cyclable en monopente latérale

Face à l'affouillement des berges

Sans aucune intervention, l'érosion des berges finit par affecter directement la structure de la chaussée cyclable. La couche de roulement se dégrade souvent sous l'effet de l'affaissement qui se produit à proximité de la berge érodée. Les exemples ne manquent pas. Dans le Doubs, une portion de l'EuroVelo 6 a été réaménagée à la suite d'effondrements. Dans le Loiret, deux portions de La Loire à Vélo sont menacées par des élargissements progressifs du lit du fleuve. Notons que la berge peut s'éroder plus rapidement en cas de forte fréquentation de la piste cyclable. La fréquence d'entretien et de contrôle de la berge sera à adapter en fonction de cette fréquentation.

Zones de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, les berges ont une grande valeur écologique. Elles assurent de nombreuses fonctions puisqu'elles créent des zones d'habitats, de reproduction et de nourriture pour les poissons et un grand nombre d'animaux terrestres et d'oiseaux. Pour cela, Voies navigables de France (VNF) privilégie les techniques de restauration de berges en génie végétal. Sur le principe, la stabilité de la berge est assurée par le système racinaire des végétaux adaptés, des hélophytes.

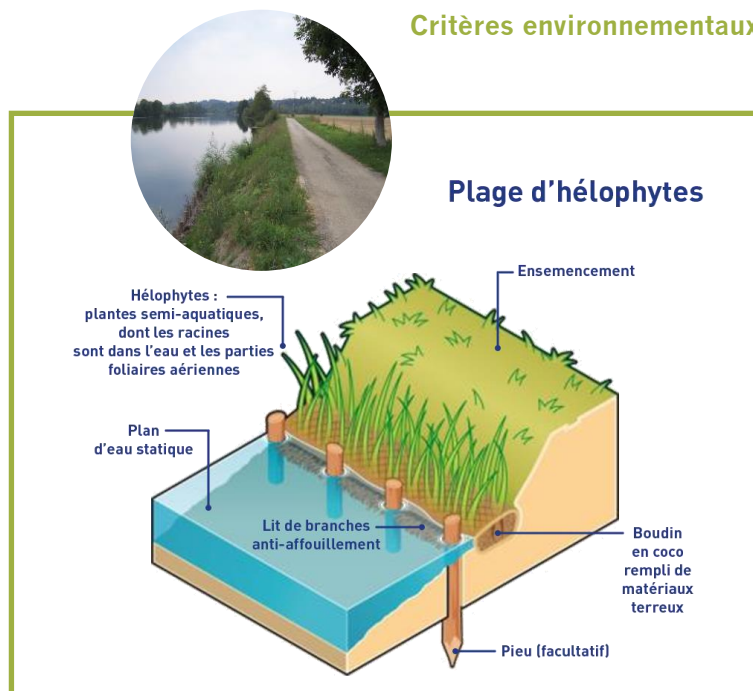


Photo : Restauration végétale le long de l'EuroVelo 6 dans le Doubs
Schéma : Exemple de restauration végétale préconisée par VNF

Lorsque l'emprise foncière n'est pas suffisante ou que les conditions hydrauliques sont extrêmes, les techniques « dures » telles que les palplanches, les enrochements ou les dispositifs en béton peuvent être des solutions adaptées à l'érosion des berges. La technique de restauration de la berge est donc à adapter en fonction du contexte et de la configuration du site.

Face à la sécheresse

La mise en place de géogridde dans la structure de chaussée semble être une expérimentation prometteuse pour prévenir l'apparition de fissures sur le revêtement, liées aux variations d'humidité dans les zones de marais, selon les premiers retours d'expériences du département de la Vendée. Des fissures importantes et profondes (jusqu'à 1 m) ont été constatées en longitudinal sous le revêtement de la piste cyclable. Celles-ci sont apparues à la suite des périodes consécutives de sécheresse depuis deux ans et remontent ainsi du sous-sol des terres de marais, très sensibles à la variation d'humidité. La géogridde, qui présente certes un investissement important (5,50 €/m²), permettrait des économies ultérieures en fonctionnement en allongeant la durée de vie de cet aménagement.

Expérimentation : la géogridde

Exemple : la digue de la Prée Mizotière (85)

Largeur de la piste 2,50 m

Pose d'une géogridde sous la couche de forme sur un linéaire de 600 m

25 cm de GNT 0/31.5

7 cm de sable calcaire 0/10 stabilisé renforcé (STABEX)



Pose de la géogridde

Section **sans** géogridde en janvier 2019



Section **avec** géogridde en janvier 2019



Pérennité des sables stabilisés

Le stabilisé est souvent critiqué pour sa courte durée de vie ; pour son orniérage généré par la pluie et à l'usage ; pour son caractère poussiéreux, peu roulant et salissant, peu propice à un usage quotidien du vélo ou du roller par exemple. Le stabilisé peut cependant être une solution préconisée dans certains cas car il ne contient pas de produits issus de la pétrochimie ni de ciment et nécessite un investissement initial raisonnable. Il a l'avantage de s'intégrer parfaitement dans les paysages naturels par son aspect sablé et clair et s'avère moins sensible aux remontées racinaires.

Favoriser les sables renforcés avec liants aux sables compactés mécaniquement. Les sables avec liant à la chaux, au ciment, à base de pouzzolane, ou de résine sont recommandés pour leur confort et leur durée de vie. Le liant assure la tenue du revêtement et limite le ravinement et l'orniérage comparativement aux compactés mécaniquement.

Retour d'expériences

Assurer la pérennité du stabilisé

Même s'il n'a pas bonne presse dans les services transport et mobilité des collectivités, le stabilisé peut également être valorisé. Outre le contrôle du dosage et de l'état hydrique lors de la mise en œuvre et la mise en place d'une épaisseur minimale conforme à la fiche produit, des techniques peuvent favoriser sa durabilité.

Dans le Grand Parc Miribel Jonage dans la métropole lyonnaise

« Nous avons des stabilisés qui sont là depuis quinze ans et ne nécessitent pas plus d'entretien que d'autres revêtements » selon Christophe Jarraud, en charge de l'aménagement du Parc, qui se réjouit du choix de ce type de revêtement. Le secret de la réussite ? L'aménagement en pente monolatérale qui a été réalisé sur l'ensemble des sables stabilisés du Parc [cf page 6]. Les endroits à forte pente (longitudinale) sont à éviter car ce type de revêtement est très vulnérable au ravinement.

Dans le département du Pas-de-Calais

Au sud de Calais, l'EuroVelo 5 traverse une zone de marais où il a fallu mettre en œuvre un stabilisé. Le choix s'est tourné vers le sable stabilisé au liant hydraulique Sidmix dont l'état est très bon encore trois ans après. D'où vient ce confort de roulement ? « Après la mise en œuvre, le revêtement a été brossé et balayé, enlevant le surplus, ce qui fournit aujourd'hui un confort de roulement proche d'un enrobé » selon Michel Anceau de l'ADAV. Une technique répliquable sur des revêtements de bonne qualité.



Grand Parc Miribel Jonage dans la métropole lyonnaise



EuroVelo 5 entre Coulogne et Guisne

DANS UN ESPACE CLASSÉ, QUEL REVÊTEMENT EST LE PLUS ADAPTÉ ?

Dès la phase de réflexion du projet, il est essentiel d'y associer les différents organismes d'État (DREAL et DDT, Bâtiments de France, Grands Sites, ...). Les associations d'usager-ère-s (comme l'AF3V) et d'environnement (comme FNE) peuvent également être consultées et partager des retours d'expériences intéressants. Les situations sont souvent gérées au cas par cas mais quelques lignes directrices sont tout de même identifiées. Pour aménager un itinéraire cyclable dans ce type d'espace, il est important de préparer préalablement un argumentaire sur l'intérêt du tracé et l'absence d'alternative. Des mesures compensatoires peuvent être demandées selon le projet : par exemple si le projet de véloroute nécessite un renforcement de berge, une déclaration de Loi sur l'eau peut s'imposer avec étude d'incidences sur l'eau et les milieux aquatiques. Il est important de disposer de références objectives sur les différents types de revêtement car les solutions en stabilisés sont souvent privilégiées malgré une empreinte carbone et une durabilité moins favorables.

Sites classés ou inscrits

Les modifications sont soumises à une autorisation spéciale du ministère ou de la préfecture. L'inscription de nouvelles voies y est compliquée et le réaménagement de voies existantes sera soumis à des contraintes paysagères importantes. Souvent des revêtements clairs comme les stabilisés, enrobés à liant clair ou béton sont favorisés.

Sites Natura 2000

Des listes de projets devant faire l'objet des incidences Natura 2000 existent au niveau local et national. Les DREAL ont des interprétations très différentes selon la localité et les enjeux du territoire : par exemple, dans les Pays-de-la-Loire, les enrobés ne sont pas acceptés dans ces zones alors qu'ils l'ont été en Auvergne-Rhône-Alpes. Pour des raisons d'intégration paysagère et d'environnement, les revêtements clairs ou à liant non bitumineux sont *a priori* privilégiés.

Aire d'alimentation du captage

Étant donné que l'infiltration représente l'enjeu principal, le revêtement ne doit pas dégrader la qualité de l'eau. Le choix du revêtement dépend du contexte hydroécologique et doit être compatible avec la réglementation du captage (arrêté préfectoral).

Zones inondables - Loi sur l'eau

En fonction du projet et de l'imperméabilisation générée, des mesures compensatoires peuvent être exigées. L'aspect initial du terrain naturel doit souvent être conservé afin de favoriser un bon ruissellement. La limitation du remblaiement et de l'apport de matériaux permet de ne pas altérer la capacité d'expansion des crues. Des platelages bois peuvent également être mis en œuvre dans ces espaces mais il est conseillé d'y ajouter des bandes rugueuses ou du rainurage pour diminuer la glissance en cas d'intempérie.

Pour approfondir Recommandations d'aménagements dans des sites protégés

Pour des exemples plus précis d'aménagements dans des sites à enjeux particuliers, consulter le « Cahier de recommandations pour la réalisation d'aménagements cyclables dans les espaces protégés » paru en 2011. Il propose des exemples d'aménagement et des descriptions complètes pour aménager dans des zones à enjeux environnementaux.

Le revêtement : une histoire de compromis

L'EuroVelo 4 - La Vélomaritime traverse le Grand site des Deux-Caps, situé sur la Côte d'Opale (62). Pour concilier le caractère rural du paysage sans altérer le confort des cyclistes par la mise en place de sable stabilisé, un entre-deux a été trouvé : les deux traces d'un chemin rural ont été revêtues en béton. Cet aménagement, bien qu'il assure une meilleure intégration dans son environnement qu'un enrobé bitumineux, n'est cependant pas à systématiser : la bande enherbée du milieu peut présenter des désavantages et requiert un entretien plus conséquent. À mettre en œuvre seulement lorsque les solutions usuelles ne conviennent pas.



L'aspect rural de l'aménagement permet une bonne intégration mais attention à son entretien pour assurer un confort adéquat.



Critères économiques

QUEL REVÊTEMENT EST LE MOINS CHER EN INVESTISSEMENT ET FONCTIONNEMENT ?

Durabilité et coût d'entretien sont déterminants

Le stabilisé est le moins cher en investissement initial mais si le fonctionnement est considéré, l'enrobé est le plus économique. Si l'accent est mis sur les coûts d'investissement initiaux, les sables stabilisés sans liant et enduits superficiels avec liant bitumineux sont de loin les moins chers. Viennent ensuite les enrobés bitumineux et les sables stabilisés renforcés avec un liant hydraulique. Les bétons de ciment, dalles, asphaltes et revêtements à base de résine « végétale » sont eux beaucoup plus chers.

Les coûts sont très variables selon le projet et le contexte (entreprises locales, présence de ressources et matériaux localement) et selon l'entretien nécessaire pour le revêtement (balayage, recharge, désherbage manuel, réparation). La pondération se fait entre la durée de vie du revêtement et le coût d'investissement. En effet, la durabilité de ces revêtements est très variable : un revêtement deux fois plus cher à l'investissement mais quatre fois plus durable nécessite un budget annuel deux fois moins élevé. Ainsi sur dix ans, le coût de l'enrobé est imbattable. À noter que le coût de réparation des enrobés clairs est souvent élevé et compliqué, ce qui conduit dans la plupart des cas à une réparation en enrobé noir.

La Fédération pour les Circulations Douces en Essonne (FCDE) a également estimé le coût de la couche de roulement. Un coût global annuel moyen en k€/km/an, pour une voie verte de 3 m de large est proposé, en prenant en compte les dépenses d'investissement et de fonctionnement pour quelques revêtements.

Ordre de prix des revêtements à l'investissement (au m²)

~5 €	Stabilisé sans liant
~5 €	Enduit Superficiel d'Usure (monocouche ou bi-couche)
~10-15 €	Stabilisé renforcé
~10-15 €	Béton bitumineux (enrobé)
~15-20 €	Enrobé coulé à froid
~15-25 €	Grave traité au liant hydraulique
~30-40 €	Enrobé à liant de synthèse
~30-40 €	Béton
> 40 €	Dalles - pierres
~50 €	Asphalte

		Sable stabilisé	Sable stabilisé renforcé (chaux, ciment)	Enrobé à liant bitumineux	Béton de ciment	Enrobé à base de liant végétal (ex Végécol)
	Couche de roulement	8 à 10 cm	8 à 10 cm	3 à 5 cm (+ 5 cm GNT 0-25)	10 à 14 cm	3 à 8 cm (+ 5 cm GNT 0-35)
	Durée de vie moyenne estimée (en années)	7	15	30	35	30
Coût global annuel moyen k€/km/an	Investissement	4,9	3,5	1,7	5,0	4,3
	Entretien	5,8	2,8	1,6	1,9	1,6
	Total	10,8	6,3	3,4	6,9	6,0

Extrait d'une synthèse réalisée par B. Carrouée, FCDE, « Revêtements de voies vertes, coûts de la couche de roulement » à partir de 4 sources : CG56, DRC 2010, CG 60 2010 et CG78 2011

Pour approfondir

Évaluer son budget d'entretien vélo

Il n'est pas rare de constater qu'avec le temps, le revêtement perd en qualité, qu'il s'agisse de la surface du revêtement ou de l'enherbement des accotements qui réduisent la largeur de la voie. L'entretien est alors essentiel pour assurer la sécurité, le confort et la pérennité de l'aménagement. À ce sujet, consulter la fiche action n°5 de Vélo & Territoires « Évaluer son budget entretien vélo ».



Critères d'usages

Dans tous les cas, les revêtements doivent répondre aux critères d'usage suivants : le confort et l'accessibilité pour les usager·ère·s ainsi que la sécurité. Les voies vertes, comme les pistes cyclables, doivent pouvoir être utilisées par tout type d'usagers et par tout temps, en particulier les personnes à mobilité réduite : cela exclut les revêtements en pavés, en grave meuble ou en terre boueuse par temps pluvieux (utilisables uniquement en VTT). Elles ne doivent pas générer de problèmes de sécurité pour les cyclistes, en particulier de risque de glissades sur des peintures ou de dérapage sur du sable ou des gravillons. C'est pourquoi les « bicouches » (gravillons sur un enduit superficiel d'usure) sont déconseillés ainsi que les sables stabilisés renforcés avec un liant hydraulique sur lesquels se forment des pellicules de sable liées à l'érosion.

COMMENT LE REVÊTEMENT PEUT-IL CONDITIONNER LES USAGES EN VILLE ?

Pour les aménagements partagés, le revêtement est souvent identique à la chaussée pour des raisons économiques notamment. Cela vaut pour une bande cyclable, un couloir mixte bus-vélos, ou un double-sens cyclable. Des revêtements colorés peuvent améliorer la lisibilité des espaces.

Pour les aménagements cyclables en site propre, tels une piste cyclable, le revêtement peut générer des conflits d'usage. Dans le cas des espaces mixtes ou des pistes cyclables sur trottoir, des techniques existent pour favoriser un bon partage des espaces comme à Nantes Métropole.

Entretien avec Hadrien Bedok, chef de Service à Nantes Métropole

Comment gérer les conflits d'usage, en agglomération, à l'aide du revêtement ?

À Nantes Métropole, le cahier des charges des revêtements a été développé pour prévenir les potentiels conflits d'usages liés au revêtement. Pour assurer le confort et la lisibilité des usages, il doit y avoir une couleur et une texture différente entre la piste cyclable et la voie piétonne ainsi qu'un dispositif séparatif détectable à la canne pour les personnes malvoyantes. Cependant il faut éviter d'avoir des matériaux de nature différente pour que la différence de granulométrie ne soit pas trop importante car les usages se reportent sur le matériau le plus roulant.

Exemple de Nantes Métropole

Une piste en béton désactivé gris moyen pour les cyclistes, une piste en béton balayé gris clair pour les piétons et des pavés éclatés foncés comme séparatif assurent une couleur et une texture contrastées et constituent un dispositif séparatif efficace.



Dispositif séparatif entre piste cyclable et trottoir à Nantes Métropole

QUEL REVÊTEMENT HORS AGGLOMERATION ?

Revêtir implique ouvrir à la circulation. Revêtir peut inciter les voitures à circuler sur la voie et favoriser le transit sur cette voie. Si le maître d'ouvrage est confronté à cet enjeu, des phases de contrôle après la mise en service sont nécessaires. Il peut aussi être envisagé de ne revêtir qu'une partie de la voie, en créant des mono bandes ou bi bandes en béton qui permettent donc le passage des cyclistes et des engins agricoles mais pas celui des voitures.

Gérer des usages mixtes sur les voies vertes. Si celles-ci doivent concilier cyclistes et usages équestres, il est possible de laisser une bande enherbée sur le bas-côté pour les chevaux. Cela permet d'éviter de blesser les chevaux et que ceux-ci n'abîment le revêtement en place, comme les enrobés qui sont peu conciliables avec le passage de chevaux. Il faut cependant avoir l'emprise nécessaire pour réaliser ce type d'aménagement.

Pour approfondir

Les dispositifs anti-accès motorisé (DAAM)

Des DAAM peuvent également être mis en place sans qu'ils ne soient contraignants pour les usager·ère·s. Consulter la fiche du Cerema « Les dispositifs anti-accès motorisé, comment contrôler l'accès aux aménagements cyclables » (2017) pour en savoir plus.

Témoignage de Julien Dubois, président de l'AF3V

L'importance de prioriser l'usage hors agglomération

Si l'on veut favoriser le report modal vers le vélo et la marche, l'intégration paysagère ne doit pas dégrader les qualités fonctionnelles de la voie verte. Une équipe de concepteurs ayant une approche pluridisciplinaire composée à la fois d'ingénieurs des déplacements, d'écologues et de paysagistes favorise les réalisations de voies vertes exemplaires.

Tableau de synthèse

		Sables stabilisés	Stabilisés renforcés	Enduits superficiels	Béton hydraulique	Béton bitumineux (enrobés)	Enrobés à froid	Enrobé à liant de synthèse ou organo-minéral
	Inondations	•	••	••	•••	•••	•••	•••
	Racines	••	••	•	••	•	•	•
	Empreinte carbone et pollution de l'air	•	•	••	••	••	•••	variable
	Intégration visuelle	•••	•••	•	••	• (•• si décoloré)	• ou ••	••• (si liant clair)
	Durée de vie	•	••	••	•••	•••	••	variable
	Coût (investissement et fonctionnement)	€€	€€	€	€€	€	€	€€€
	Confort pour les cyclistes / sécurité	•	••	•• (confort) • (sécurité)	•••	•••	•••	•••

• | •• | ••• : du moins favorable au plus favorable

€ | €€ | €€€ : du moins cher au plus cher



REMERCIEMENTS

G. Aboucaya (Loire-Atlantique), M. Anceau (ADAV), H. Bedok (Nantes Métropole), D. Bertaud (Eurovia), V. Bréhier-Jaunâtre (Loire-Atlantique), B. Carrouée (Collectif ProVélo 91 / FCDE), S. Chrétien (STA Montbéliard), E. Constensou (Haute-Garonne), G. Decoster (VNF), F. Degat (Loiret), J.-P. Desouches (Communauté d'agglomération de Blois – Agglopolys), J. Dubois (AF3V), G. Durant (STA Besançon), N. Fayet (Seine-Saint Denis), A. Feeser (Cerema), E. Gervais (Colas), M. Gery (Wattway by Colas), C. Guilbaud (VNF), C. Heyer (Bas-Rhin), L. Hugues (LHDC Conseil), C. Jarraud (Grand Parc Miribel Jonage), F. Jarry (Auvergne Rhône Alpes), T. Jouannot (Cerema), J. Lesage (Vendée), J.-F. Létard (Olikrom), V. Malard (Seine-Saint Denis), C. Mangeant (VNF), M. Moreau (Shell Bitumen), S. Renaud (DREAL Normandie), T. Schneider (DREAL Normandie), M. Schuller (Bas-Rhin), B. Silvestre (Seine-Maritime), A. Thomas (Cerema), P. Toulouse (Pierre Toulouse Conseil), P.-O. Vandanjon (IFS-TARR).

RÉALISATION

Aurélia Hild, © Vélo & Territoires, 2019

MISE EN PAGE

Joris Fialon, © Vélo & Territoires, 2019

POUR APPROFONDIR

ADFC, *Schotterweg versus Asphaltdecke*, nd.

Autorité Environnementale, *Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur la « véloroute/voie verte » V6 entre Camaret-sur-Mer et Telgruc-sur-Mer (29)*, 26 avril 2017

Colas, *Modes de déplacement doux : gamme de revêtements proposée par Colas*, avril 2019

Conseil Général des Yvelines, *Catalogue des revêtements adaptés aux véloroutes, voies vertes, pistes cyclables et bandes cyclables*, décembre 2011

Départements & Régions Cyclables, *Étude des performances environnementales des revêtements cyclables*, Janvier 2010

D. Froissart, *Revêtir les voies vertes, un crime contre l'environnement ?* juin 2016

Fédération pour les Circulations Douces en Essonne, *Des revêtements de qualité pour les voies vertes*, février 2017

Grand Lyon, *Référentiel conception et gestion des espaces publics*, 2010

IDRRIM, *Avis technique n°158, ECORCE*, https://www.idrrim.com/ressources/documents/3/1717,IDRRIM_AvisTechnique_158_2307_V2.pdf

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, *Cahier de recommandations pour la réalisation d'aménagements cyclables dans les espaces protégés*, octobre 2011

Nantes Métropole, *Guide Vélo*, septembre 2013

CRÉDITS PHOTO

V. Malard-CD 93, AF3V, J. Dubois, J. Savary-AF3V, A. Feeser-Cerema, Shell Bitumes, Plastic Road, Alban Gilbert pour OliKrom, Vélo & Territoires, Grégoire Durant-STA Doubs, Voies navigables de France, Joël Lesage-CD 85, C. Jarraud-Grand Parc Miribel Jonage, Michel Anceau-ADAV, Photo JLC, Guide Vélo de Nantes Métropole