

# Schéma départemental des carrières

## du Calvados

Avril 2015

Notice Page 3

Rapport Page 21

Annexes Page 121

Bibliographie Page 165

Documents graphiques Page 169

# Notice

# Sommaire


## Le contexte de la révision 5

- **Les textes réglementaires** 5
  - *I - Le contenu du schéma départemental des carrières* 5
  - *II - Les délais de révision* 5
  - *III - La notion de compatibilité - portée juridique du schéma départemental des carrières* 6
  - *IV - L'évaluation environnementale* 6
- **La méthodologie de travail retenue** 6

## L'organisation territoriale et l'ossature socio-économique de la Basse-Normandie 7

- **L'organisation spatiale du territoire** 7
  - *I - Le maillage administratif* 7
  - *II - La trame urbaine* 8
  - *III - Les grandes infrastructures de transport* 8
- **Les ressources humaines** 9
  - *I - Une région rurale à faible vitalité démographique* 9
  - *II - Une croissance portée par le péri-urbain* 10
  - *III - Un regain démographique dans les espaces ruraux* 10
  - *IV - Un littoral toujours aussi attractif* 11
- **L'habitat** 11
  - *I - Un parc relativement ancien, marqué par le logement individuel et les résidences secondaires* 11
  - *II - Un développement inégal de la construction neuve* 12
- **Quelques données socio-économiques liées à l'exploitation de granulats** 12

## Résumé non technique du schéma des carrières 13

- **Une région riche en matériaux qui couvre ses propres besoins et est exportatrice** 13
- **Le transport s'organise essentiellement par voie routière** 15
- **La prise en compte des enjeux environnementaux** 16
- **Le réaménagement post-exploitation** 18
- **Les orientations** 18

**La présente notice permet de présenter à des non-spécialistes la démarche, le contexte, les enjeux et objectifs régionaux et départementaux ainsi que les grandes orientations des schémas départementaux des carrières de Basse-Normandie. Il s'agit d'un préambule aux documents de référence que constituent les schémas des carrières.**

# Le contexte de la révision

## ► Les textes réglementaires

### *I - Le contenu du schéma départemental des carrières*

La réalisation des schémas des carrières et leur révision décennale s'inscrivent en application de la loi du 4 janvier 1993 et de son décret d'application n°94-603 du 11 juillet 1994. Cette loi a pour objectif de mieux préciser les conditions dans lesquelles les carrières peuvent être exploitées (article L 515-3 du code de l'environnement).

Ces schémas ont pour vocation de définir les conditions générales d'implantation des carrières dans le département. Ils doivent prendre en compte:

- l'intérêt économique national, les ressources et les besoins en matériaux du département et des départements voisins,
- la protection des paysages, des sites et des milieux naturels sensibles,
- la nécessité d'une gestion équilibrée de l'espace, tout en favorisant une utilisation économe des matières premières,
- Ils fixent également les objectifs à atteindre en matière de remise en état et de réaménagement des sites à l'issue de la phase d'exploitation.

Les modalités d'élaboration d'un schéma départemental des carrières sont fixées par les articles R515-2 à R515-7 du Code de l'Environnement ainsi que par la circulaire du 11 janvier 1995.

Ainsi l'article R515-2 du Code de l'Environnement indique qu'un schéma départemental des carrières doit comporter une notice, un rapport et des documents graphiques. Il précise également le contenu du rapport :

1. Une analyse de la situation existante concernant, d'une part, les besoins du département et ses approvisionnements en matériaux de carrières et, d'autre part, l'impact des carrières existantes sur l'environnement;
2. Un inventaire des ressources connues en matériaux de carrières qui souligne éventuellement l'intérêt particulier de certains gisements;
3. Une évaluation des besoins locaux en matériaux de carrières dans les années à venir, qui prend en compte éventuellement des besoins particuliers au niveau national;
4. Les orientations prioritaires et les objectifs à atteindre dans les modes d'approvisionnement de matériaux, afin de réduire l'impact des extractions sur l'environnement et de favoriser une utilisation économe des matières premières;
5. Un examen des modalités de transport des matériaux de carrières et les orientations à privilégier dans ce domaine;
6. Les zones dont la protection, compte tenu de la qualité et de la fragilité de l'environnement, doit être privilégiée;
7. Les orientations à privilégier dans le domaine du réaménagement des carrières.

### *II - Les délais de révision*

Les premiers schémas des carrières de Basse-Normandie sont des documents synthétiques regroupant l'ensemble des données relatives à l'activité d'extraction des matériaux de carrière permettant, entre autres, aux commissions départementales de la nature, des paysages et des sites (formations spécialisées dite « carrières ») de se prononcer

sur toute demande d'autorisation de carrières dans une cohérence d'ensemble entre enjeux économiques et environnementaux. Les schémas s'imposent au dossier de demande d'autorisation d'exploitation.
Le schéma départemental des carrières doit être révisé au terme d'un délai maximal de dix ans (article R515-7 du Code de l'Environnement).

Les schémas départementaux des carrières en Basse-Normandie ont été approuvés :

- le 13 octobre 1998 pour le Calvados
- le 13 août 1999 pour la Manche
- le 25 mars 1999 pour l'Orne

Les schémas départementaux de carrières de la région Basse-Normandie doivent donc procéder à cette révision.

### *III - La notion de compatibilité - portée juridique du schéma départemental des carrières*

L'article L515-3 du Code de l'Environnement précise que le schéma départemental des carrières doit être compatible ou rendu compatible dans un délai de trois ans avec les dispositions du (des) schéma(s) directeur(s) d'aménagement et de gestion des eaux ainsi que des schémas d'aménagement et des gestion des eaux.

Le schéma départemental des carrières constitue un instrument d'aide à la décision du Préfet de département, lorsque celui-ci autorise les exploitations en application de la législation sur les installations classées.

Ces autorisations doivent être compatibles avec les orientations et objectifs définis par le schéma. Il doit en effet, y avoir un rapport de compatibilité entre l'exploitation de la carrière autorisée et les enjeux environnementaux retenus par le schéma départemental des carrières, justifiés au regard des dispositions de l'article L.515-3 du code de l'environnement.

Il est à noter que les schémas des carrières ne sont pas aujourd'hui opposables aux documents d'urbanisme.
Cependant, ceci pourrait évoluer dans les années à venir et correspondrait à une attente des professionnels des carrières et des matériaux.

### *IV - L'évaluation environnementale*

Les articles L122-4 à L122-11 et R122-17 à R122-24 du Code de l'Environnement ont introduit l'obligation de rédiger un rapport d'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement.

Les schémas départementaux des carrières font partie des plans qui doivent faire l'objet de cette « évaluation environnementale ».

## ► La méthodologie de travail retenue

L'inventaire des ressources, l'évaluation des besoins en matériaux et surtout l'examen des modalités de transport des matériaux de carrières se prêtent à une analyse régionale plutôt que départementale. Afin d'optimiser la révision et de gagner en efficacité, la révision a été menée à l'échelle régionale. Ceci permet également d'être cohérent avec d'autres schémas régionaux comme le schéma régional de cohérence écologique par exemple.

Cette méthodologie a été approuvée en comité de pilotage régional le 5 octobre 2011 ainsi que par les 3 CDNPS de la région (CDNPS du Calvados le 11 octobre 2011, CDNPS de l'Orne le 29 novembre 2011 et CDNPS de la Manche le 24 janvier 2012).

# L'organisation territoriale et l'ossature socio-économique de la Basse-Normandie

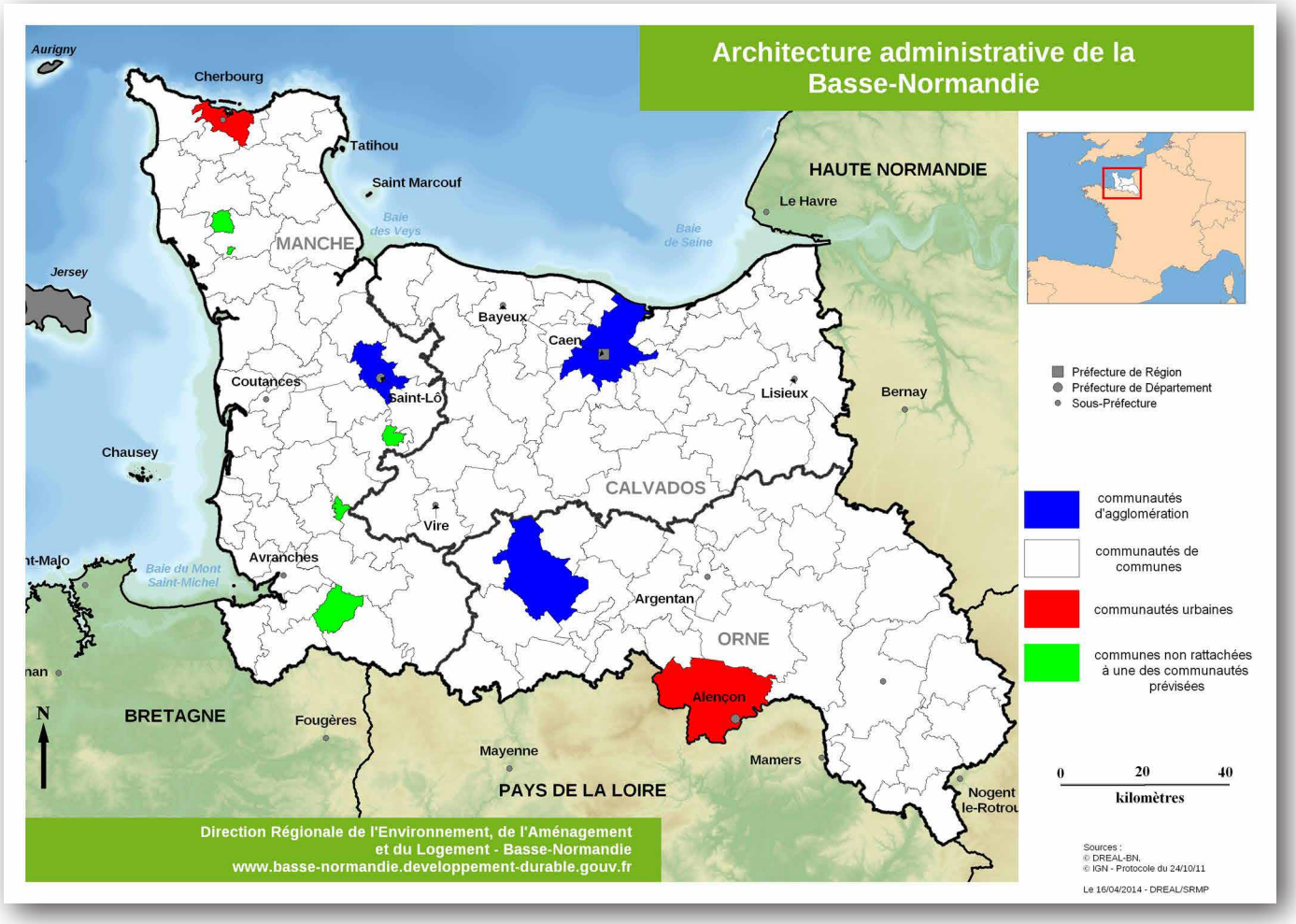
**Les éléments ci-dessous sont extraits du profil régional environnemental de Basse-Normandie.**

## ► L'organisation spatiale du territoire

### *I - Le maillage administratif*

La Basse-Normandie est une région de taille modeste qui regroupe trois départements : le Calvados, la Manche et l'Orne. Elle compte environ 1,5 millions d'habitants pour une surface de 18 000 km².

Avec ses 1814 communes, la région offre un morcellement important organisé selon deux communautés urbaines (Alençon et Cherbourg), deux communautés d'agglomérations (Caen et Flers) et cent vingt-cinq communautés de communes.




Elle compte également trois Schémas de cohérence territoriale (SCoT) approuvés (Nord Pays d'Auge, Bessin et Pays Saint-Lois) et neuf en cours d'élaboration dont un seulement dans l'Orne (Alençon).

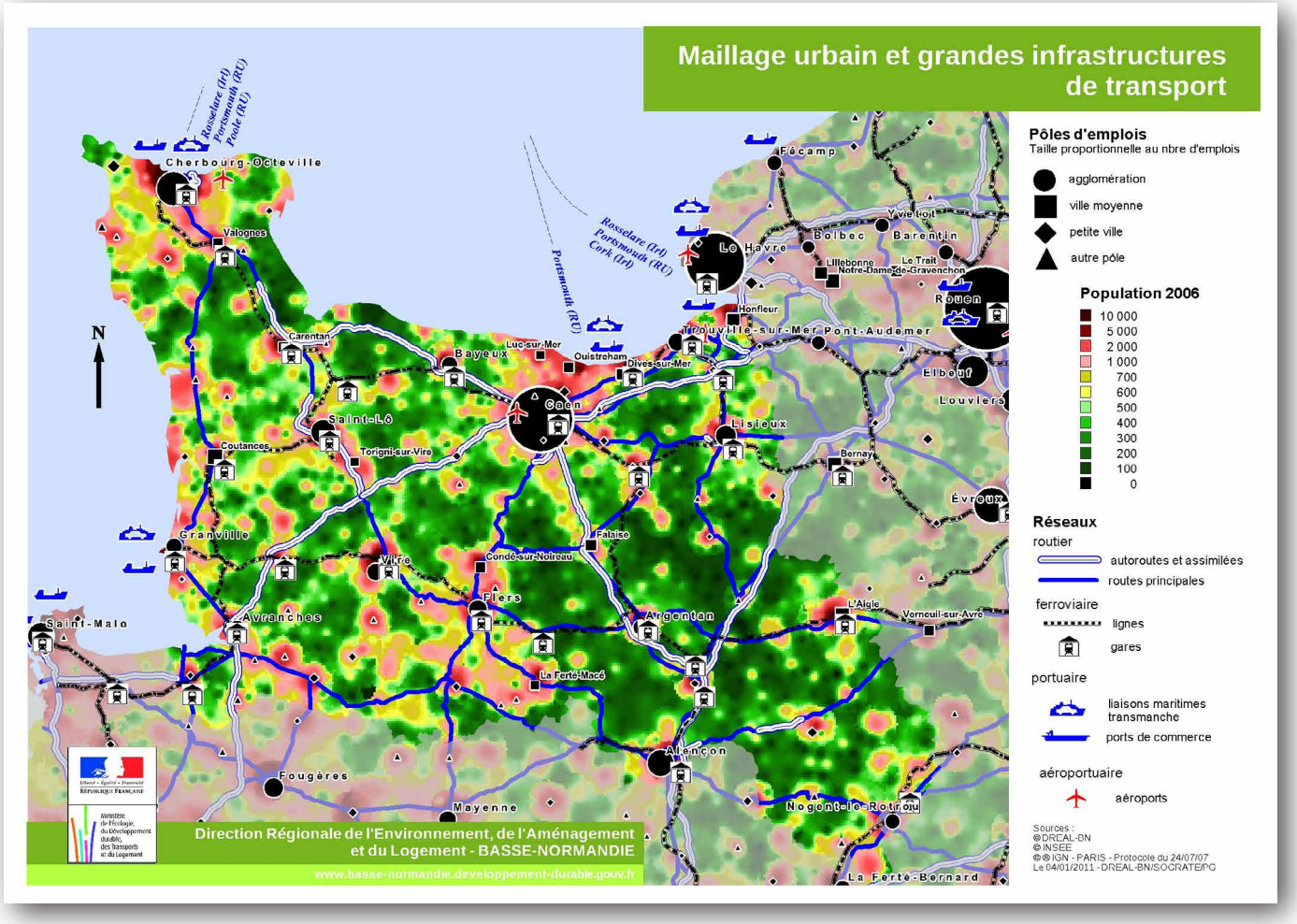
## II - La trame urbaine

La Basse-Normandie est essentiellement rurale, avec une faible densité démographique et un faible niveau de construction. Son territoire est cependant maillé comme nulle part ailleurs en France par un réseau dense de villes moyennes (Saint-Lô, Coutances, Granville, Avranches, Vire, Flers, Argentan, L'Aigle…). Entre leurs mailles, de petites villes ou bourgs ruraux maintiennent un certain dynamisme économique et social et la présence localisée de petits bassins d'emplois et de services.

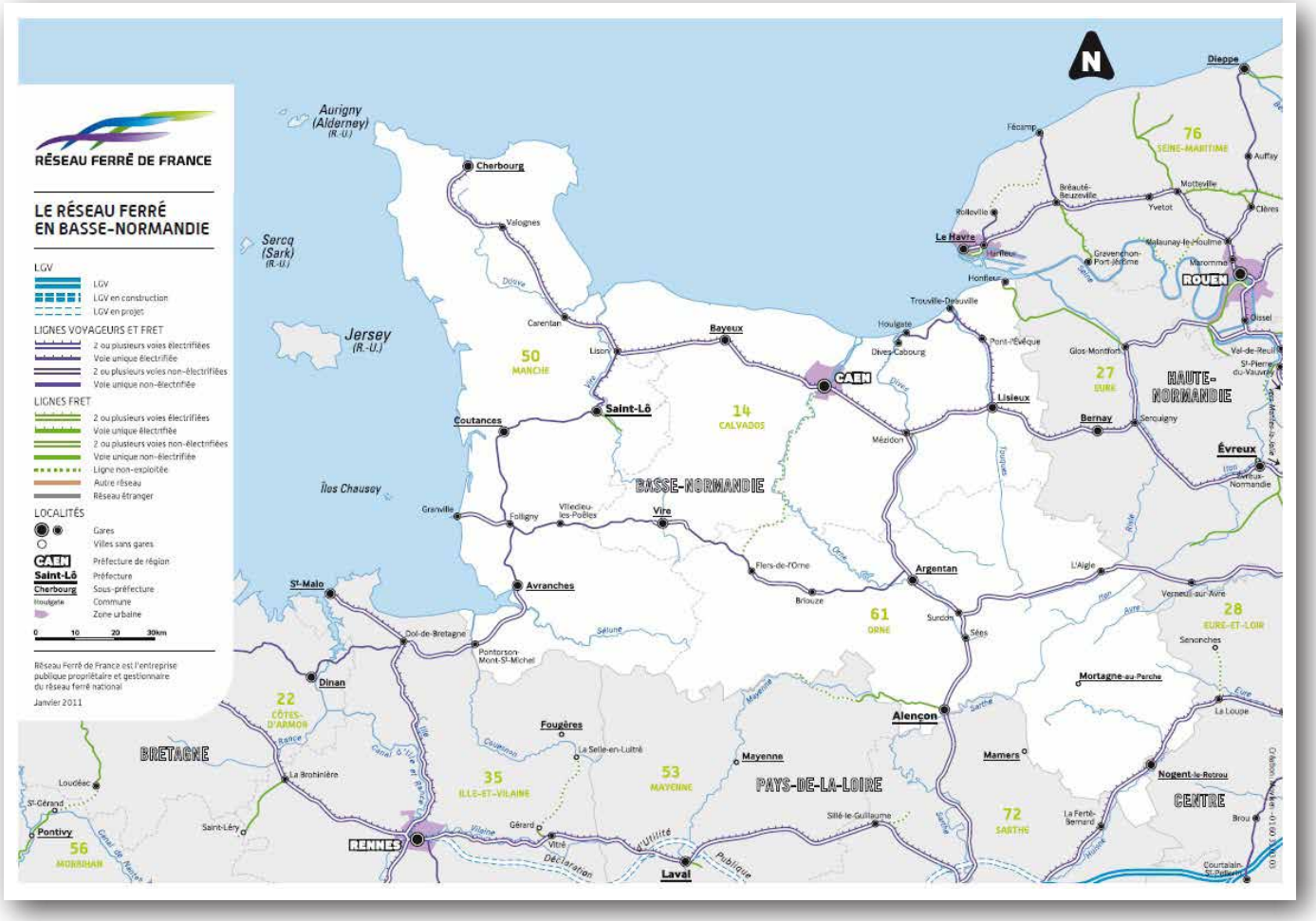
Le moteur régional est son chef-lieu, Caen, dont le bassin de vie représente un tiers de la population, un tiers des logements et un tiers des emplois. L'agglomération caennaise concentre ainsi l'essentiel des problématiques régionales d'habitat et de déplacements et dispose d'atouts considérables : proximité de la mer, qualité environnementale, disponibilités foncières...
L'agglomération de Cherbourg-Octeville, avec ses 90 000 habitants, est le deuxième bassin d'emploi de la région. Malgré un port en eau profonde, Cherbourg-Octeville n'exerce plus la même attractivité que dans le passé, lorsqu'elle était un port transatlantique. Son positionnement dans l'industrie nucléaire lui confère un certain dynamisme, sans cesse renouvelé depuis les années 60.
La troisième agglomération de Basse-Normandie, Alençon, présente quant à elle la particularité d'être soumise à l'attraction du Mans - et non de Caen - et d'avoir une part de son bassin de vie située dans la Sarthe.
Alençon est restée une des rares préfectures françaises dépourvues de liaison ferroviaire directe avec Paris et la plus proche de la capitale à se trouver dans cette situation.

## III - Les grandes infrastructures de transport

En dehors du Nord Cotentin, qui reste enclavé et à l'écart des grands flux d'échange, la Basse-Normandie est bien desservie et raccordée aux régions voisines par un réseau autoroutier de qualité (A13, A84, A88, A28 et A29).



Les liaisons ferroviaires pour le transport des voyageurs s'organisent autour d'un axe principal, Paris/Caen/Cherbourg, et de trois axes secondaires Caen/Tours, Caen/Rennes et Paris/Granville.
Le fret ferroviaire utilise la même ossature mais reste très limité vers et depuis les ports : le port de Caen-Ouistréham n'est relié que partiellement au réseau ferroviaire et le port de Cherbourg-Octeville, pourtant desservi, souffre d'une position très excentrée. Le port de Honfleur est par contre desservi par une ligne de fret qui, via Glos-Monfort, le relie au réseau haut-normand et francilien. Alençon dispose également d'une ligne fret spécifique en direction de Couterne, fonctionnelle jusque Pré-en-Pail. Saint-Lô en possède une en direction de Torigni-sur-Vire. Enfin, une ligne non exploitée relie Caen à la région de Flers-de-l'Orne, via la Suisse-Normande.




Ainsi, bien que la région « voit passer » le quart du trafic mondial au large de ses côtes, ce sont des ports plus importants et mieux desservis sur le plan ferroviaire et routier, tels Le Havre ou Rouen, qui captent une grande partie des échanges commerciaux qui en résultent. Bien positionnée sur le fret transmanche, la Basse-Normandie ne parvient pas à développer par ailleurs des autoroutes de la mer avec l'Espagne et le Portugal.
Enfin, ses aéroports (Deauville/Saint-Gatien, Caen/Carpiquet et Cherbourg/Maupertus) restent de portée limitée.

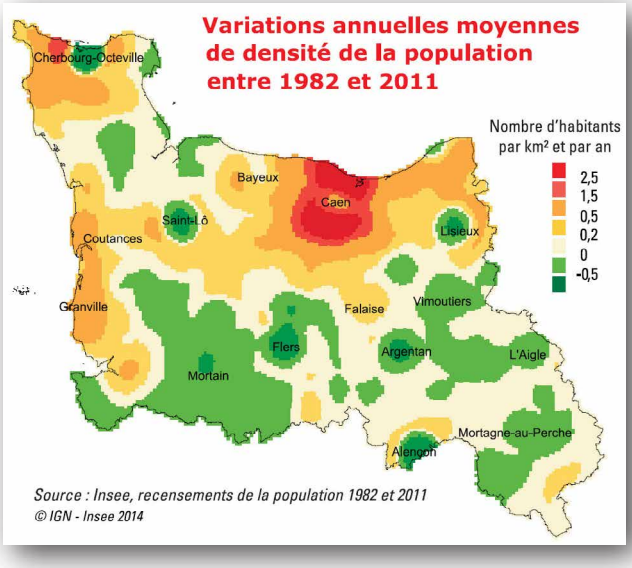
# ► Les ressources humaines

## *I - Une région rurale à faible vitalité démographique*

La Basse-Normandie comptait 1 475 700 habitants au 1er janvier 2011, soit 9,2 % de plus qu'en 1982. Sur ces 3 décennies, sa population progresse de 0,3 % par an soit 4 300 habitants de plus chaque année en moyenne, portée avant tout par l'excédent des naissances sur les décès. Ce rythme est deux fois plus faible que celui de la Bretagne (+0,6 %) mais se rapproche de celui enregistré en Haute-Normandie (+0,4 %). La Basse-Normandie se situe toutefois au 15e rang parmi les régions françaises en termes de croissance démographique sur cette période.

Le caractère rural de la région perdure, les principales agglomérations concentrant la croissance démographique. Seulement 14 villes comptent plus de 10 000 habitants.

Seul le Calvados, abritant plus de 46 % de la population bas-normande, soit 685 300 habitants, parvient à attirer de nouveaux ménages sur la période. La Manche, avec une croissance de 0,2 % par an, uniquement due à l'excédent naturel, se situe un peu en retrait de la moyenne régionale, tandis que la population de l'Orne recule sur la période (-0,1 % par an) en raison d'un solde migratoire déficitaire.

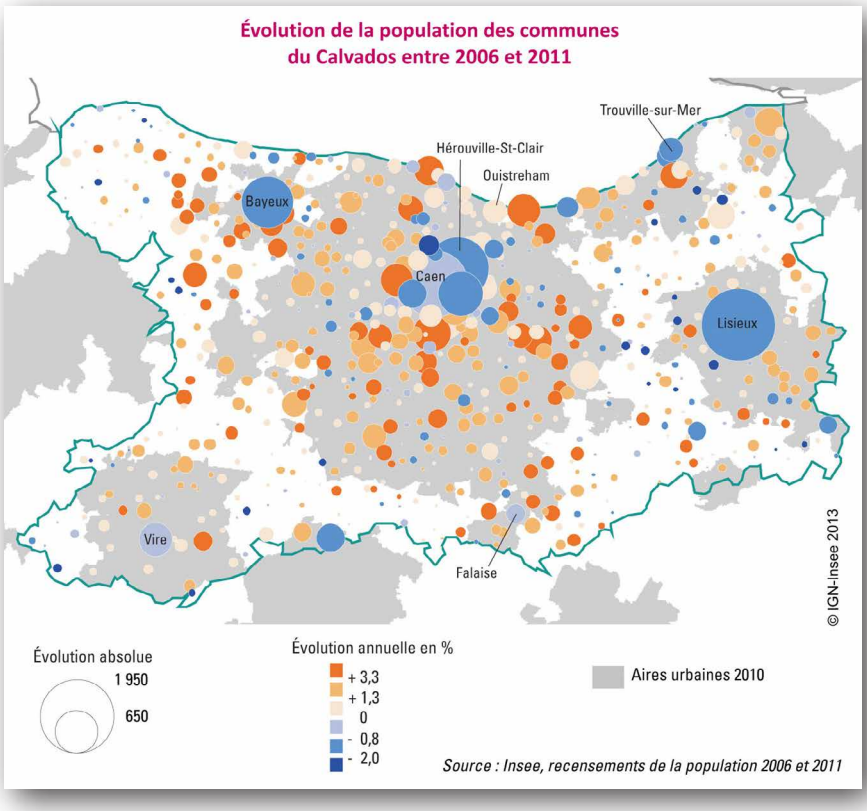



Ces dernières années, le rythme de croissance s'est néanmoins ralenti, passant de +4 400 habitants par an entre 1982 et 2006 à +3 780 par an entre 2006 et 2011, s'éloignant ainsi de l'évolution nationale, deux fois plus rapide en fin de période. Le dynamisme du Calvados en particulier ralentit alors qu'on note une amélioration du solde migratoire dans la Manche (+1 500 habitants par an entre 2006 et 2011, contre +900 les années précédentes).

## *II - Une croissance portée par le péri-urbain*

Les centres des grandes villes continuent à perdre des habitants (-0,2 % par an pour Caen, -0,6 % pour Alençon et jusqu'à -0,8 % pour Cherbourg-Octeville), tandis que l'espace périurbain accueille toujours plus de population : +1,1 % par an sur la région entre 1982 et 2011. Même les communes sous l'influence de plusieurs pôles, donc plus éloignées, se développent rapidement (+0,7 % par an). Au total, ces espaces périurbains abritent 31 % de la population régionale en 2011, contre seulement 25 % en 1982.

Une tendance qui s'accélère ces dernières années : si on s'intéresse aux populations des villes de plus de 10 000 habitants, on constate qu'elles ont reculé de 0,8 % entre 2006 et 2011, contre seulement -0,2 % entre 1982 et 2006. Parmi elles, seule Ifs enregistre une progression. Désormais, les villes moyennes, entre 5 et 10 000 habitants, se trouvent également dans cette situation. Ce sont donc les communes multipolarisées, au carrefour de pôles importants ou situés sur les grands axes routiers qui sont les plus attractives : +0,9 % par an depuis 2006, contre +0,4 % entre 1982 et 2006.




Dans ce contexte, l'aire urbaine de Caen reste la plus dynamique (+0,7 % par an) malgré le recul démographique de son centre, suivie de celle de Vire (+0,6 %), Dives-sur-Mer (+0,5%) et Avranches (+0,3 %). La plupart des autres agglomérations se développent à un rythme moins rapide, entre +0,1 et +0,2 % par an. Seules les aires urbaines de Flers et d'Alençon (partie bas-normande) reculent (-0,1%).

## III - Un regain démographique dans les espaces ruraux

La croissance démographique, apanage des espaces urbains dans les années 70, s'est reportée sur la périphérie depuis les années 80. Des espaces ruraux alors, comme Cagny, Frénouville ou Rots, font désormais partie de zones urbanisées. Ces espaces ruraux ont ainsi connu une croissance annuelle moyenne de leur population de +0,6 % par an, alors que celle de la population urbaine atteint à peine + 0,1 % par an dans le même temps.

Cependant, seul le rural proche des villes dynamiques et en zone littorale affichent une telle progression. Ainsi, le sud de la Manche et l'ouest de l'Orne en particulier, autour de Mortain, Saint-Hilaire-du-Harcouët ou Domfront, perdent des habitants, cumulant une dégradation du solde naturel due au vieillissement de leur population et des flux migratoires défavorables.

## IV - Un littoral toujours aussi attractif

L'étalement des principaux pôles urbains calvadosiens et manchois, proche des côtes, a contribué à la croissance démographique enregistrée sur le littoral bas-normand. Toutefois, à l'exception du Nord-Cotentin et de l'est de la Manche, on observe une réelle attractivité pour les espaces littoraux, notamment dans l'ouest de la Manche, où s'installent de nombreux jeunes retraités. Ailleurs, la tendance ralentit cependant, passant de +0,6 % entre 1982 et 2006 à +0,2 % depuis 2006, mais elle tend désormais à se diffuser sur le rétro-littoral.

# ► L'habitat

## I - Un parc relativement ancien, marqué par le logement individuel et les résidences secondaires

En 2011, la Basse-Normandie comptait 837 600 logements, dont 37 % construits avant 1949, plus de 60 % avant 1975 et 12 % depuis 2000. Le parc métropolitain, moins marqué par la reconstruction et plus dynamique depuis les années 80, affiche des proportions de 34 %, 59 % et 13 %

| | Logements construits avant 1915 | Logements construits entre 1915 et 1948 | Logements construits entre 1949 et 1967 | Logements construits entre 1968 et 1974 | Logements construits entre 1975 et 1981 | Logements construits entre 1982 et 1989 | Logements construits entre 1990 et 1999 | Logements construits après 2000 | Non renseigné | Ensemble |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calvados | 96 052 | 19 965 | 58 480 | 38 606 | 53 497 | 32 605 | 35 469 | 51 820 | 3 791 | 390 285 |
| Manche | 100 989 | 13 502 | 38 565 | 23 008 | 27 919 | 23 601 | 16 697 | 35 480 | 3 526 | 283 287 |
| Orne | 76 943 | 5 495 | 19 623 | 12 711 | 17 205 | 9 141 | 7 273 | 14 455 | 1 171 | 164 017 |
| Basse-Normandie | 273 984 | 38 962 | 116 668 | 74 325 | 98 621 | 65 347 | 59 439 | 101 755 | 8 488 | 837 589 |

Source : Dreal de Basse-Normandie, Filocom 2011 d'après DGFiP

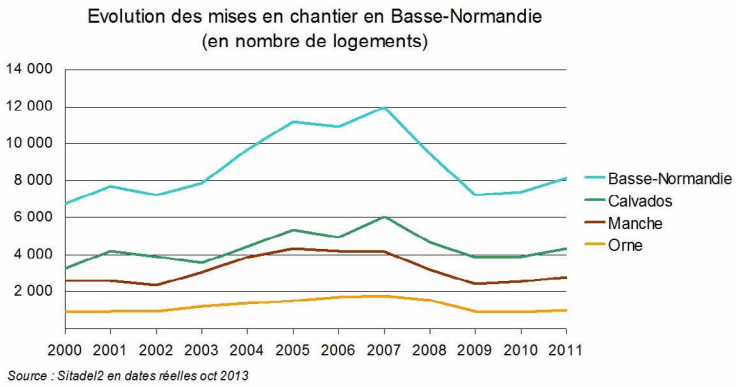
Parmi les logements bas-normands, plus de 14 % sont utilisés comme résidences secondaires, contre 9 % dans l'Hexagone, témoins des aménités de la région, notamment sur le littoral.

Autre signe distinctif du parc bas-normand, sa forte orientation vers le logement individuel, qui représente 71 % des logements en 2011, contre moins de 54 % au niveau national. Cette orientation a tendance à s'accentuer puisque depuis 2000, la proportion de logements individuels dans la construction neuve atteint 74 %, soit la seconde plus forte part d'individuel au niveau national, avec le Limousin, derrière Poitou-Charente (79 %), loin devant la moyenne hexagonale (56 %).

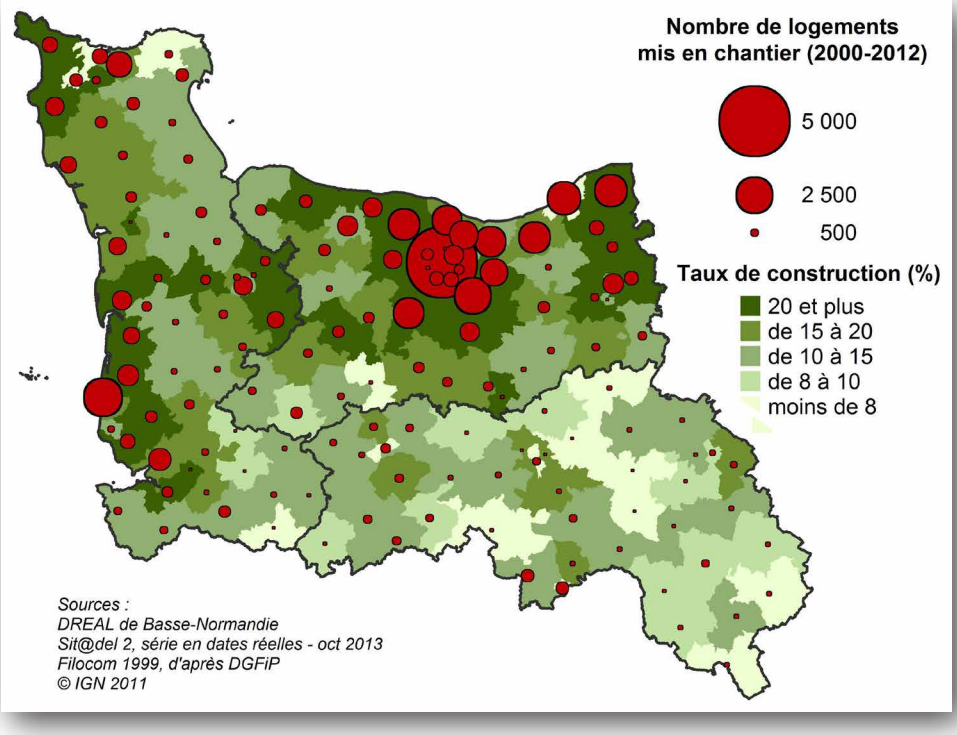
Avec la crise immobilière, et sans doute également sous l'effet des politiques du logement et des prises de conscience **de la nécessité de maîtriser l'étalement urbain**, la part du collectif a progressé depuis 2007, s'établissant à 31 %, contre 20 à 24 % entre 2000 et 2006.

## II - Un développement inégal de la construction neuve

Entre 2000 et 2011, plus de 105 000 logements neufs ont été construits en Basse-Normandie, donc la moitié dans le Calvados. Une proportion qui s'est accentuée depuis la crise de 2007, atteignant 54 % depuis 2009, contre 46 % durant le boom, entre 2003 et 2006. La Manche représente environ un tiers de la construction neuve, en début et en fin de période, et jusqu'à 40 % au meilleur du boom de l'immobilier, l'Orne oscillant autour de 14 %, et reculant à 12 % ces dernières années. C'est le seul département qui, après une baisse générale entre 2007 et 2009, n'a pratiquement pas enregistré de reprise depuis.




Toutefois, le dynamisme de la construction neuve demeure assez hétérogène sur le territoire. Construction et démographie étant intimement liées, les taux de construction les plus élevés se situent autour de Caen, dans le Nord Pays d'Auge, les côtes du Bessin ou sur le littoral occidental de la Manche.




En volume en revanche, ce sont les principaux centres urbains qui concentrent la construction neuve, notamment de logements collectifs, à l'image de Caen, Deauville ou Cherbourg-Octeville.
Toutefois, le nombre de nouvelles constructions demeure important dans la grande périphérie caennaise ou à Granville, particulièrement dynamiques durant cette dernière décennie, mais marquées par un **logement** individuel plus consommateur d'espace en périphérie.

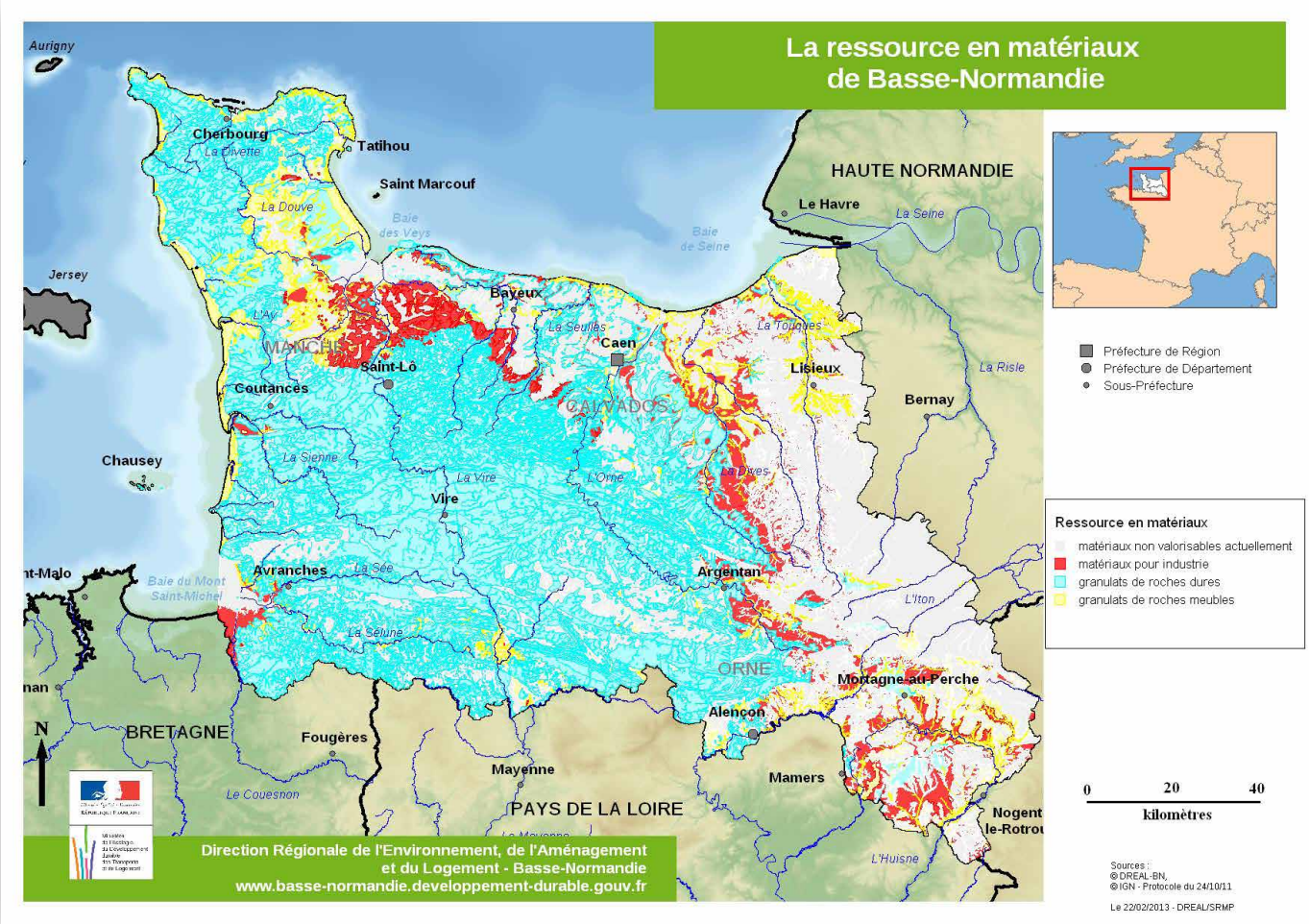
## ► Quelques données socio-économiques liées à l'exploitation de granulats

En 2011, le nombre d'établissements était de 163 (57 dans le Calvados, 72 dans la Manche et 34 dans l'Orne).
Le nombre d'emplois concernés s'élevait à 1 174 dont 398 cadres et 776 ouvriers (565 dans le Calvados, 408 dans la Manche et 201 dans l'Orne).
Le chiffre d'affaires en 2011 atteignait 334 millions d'Euros (154 dans le Calvados, 97 dans la Manche et 83 dans l'Orne).
A titre indicatif, la production 2011 de béton prêt à l'emploi était de 2 145 894 $m^3$.

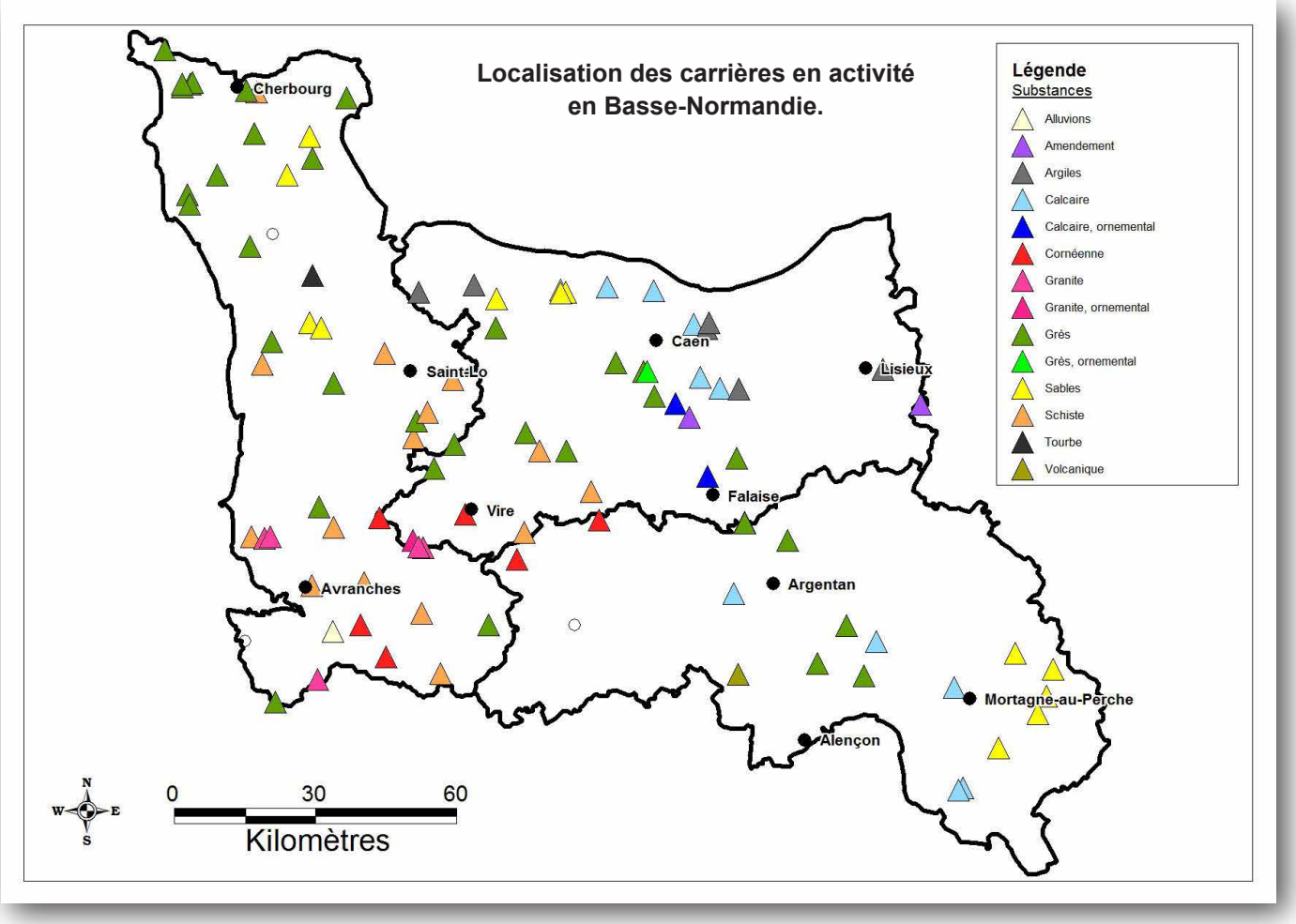
# Résumé non technique du schéma des carrières

## ► Une région riche en matériaux qui couvre ses propres besoins et est exportatrice

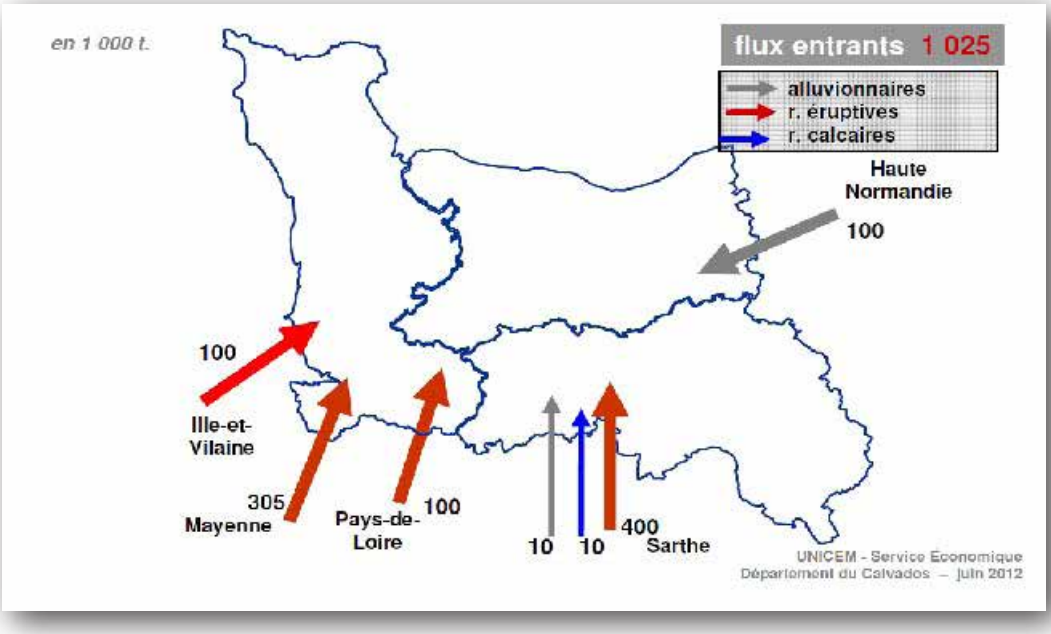
A cheval entre l'Armorique et le Bassin parisien, la Basse-Normandie est naturellement pourvue en matériaux diversifiés de type granulats. Ses gisements sont très volumineux, quasi inépuisables à l'échelle humaine et de bonne qualité. Elle possède à l'Est des matériaux calcaires, argileux et sableux en grande quantité. A l'Ouest, les matériaux acides (grès, cornéeennes, granites ...) affleurent sur une grande partie de sa surface.
Au large de ses côtes, d'importants gisements de type alluvionnaire existent par ailleurs.

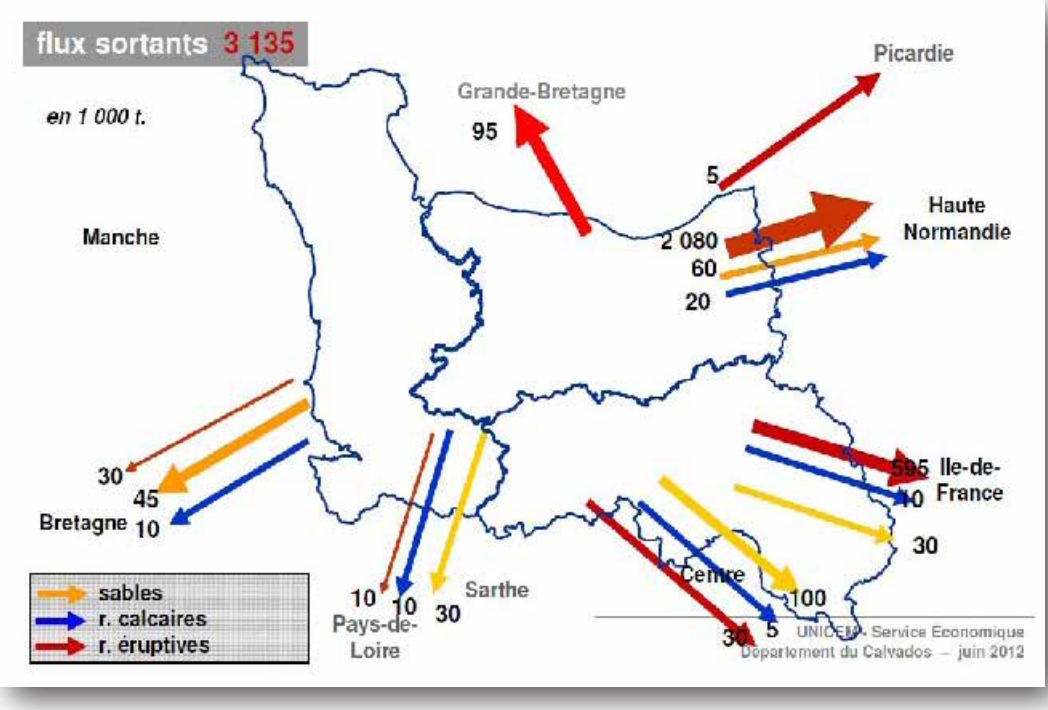



La région pourvoit ainsi à l'essentiel de ses besoins courants ceux-ci étant principalement liés aux activités urbaines et aux échanges économiques : construction et entretien de logements et de locaux non résidentiels, création et entretien de routes, de voies ferrées, de voiries et de réseaux.
Pour satisfaire ses besoins, la région dispose de 106 carrières en activité. Elles se répartissent de manière homogène sur le territoire sauf dans son extrémité orientale. Celle-ci est en effet naturellement moins riche en matériaux valorisables.




Sa production est excédentaire et les trois départements exportent vers des territoires voisins déficitaires, notamment la Haute-Normandie et l'Ile-de-France. Les départements échangent par ailleurs des matériaux entre eux et en importent depuis quelques départements limitrophes.






Les schémas sont également un exercice prospectif permettant de définir si la balance entre les besoins futurs en matériaux et la production locale restera équilibrée dans les 10 années à venir. Ce bilan est établi sur la base des volumes exploités et autorisés actuels, sur la durée de vie des exploitations, sur des scénarios de développement démographique et économique ainsi que sur les consommations actuelles définies par grand champ d'activité. L'exercice conclut à une évolution raisonnable de nos consommations courantes sur la décennie à venir. La Basse-Normandie restera en capacité de répondre à moyen terme à ses besoins classiques et aux projets particuliers prévus sur son territoire : reconstruction du CHU de Caen ou création de la 2 x 2 voies Flers/Argentan par exemple.

De manière plus détaillée, les principaux secteurs de consommation seront, dans les 10 ans à venir, les trois départements confondus, les logements et les locaux non résidentiels, avec 3,2 Mt de granulats et 700 kt de ciment par an, puis les routes, les voiries et les réseaux avec un minimum de 0,6 Mt par an.
Ces besoins ont été évalués avec une plus ou moins grande précision selon les secteurs d'activité et la disponibilité des informations. Certains chantiers émergents mais non budgétés (futures prisons de Caen ou de Saint-Lô par exemple) pourraient ne pas voir le jour dans l'exercice prévu. Leurs besoins en matériaux ont néanmoins été évalués.
Côté maritime, si les projets éoliens connus à ce jour ont été intégrés, les besoins pour la défense contre la mer n'ont pu être précisément définis. Cependant, les grands travaux qui pourraient intervenir dans le futur en lien avec la surélévation de la mer ne surviendront pas dans la prochaine décennie et les besoins en granulats pour la protection du littoral restent faibles actuellement.
Les schémas mettent en évidence enfin que le recyclage et l'utilisation des matériaux de chantier restent insuffisants en Basse-Normandie. Des recommandations particulières visent à remédier à cet état de fait.

## ► Le transport s'organise essentiellement par voie routière

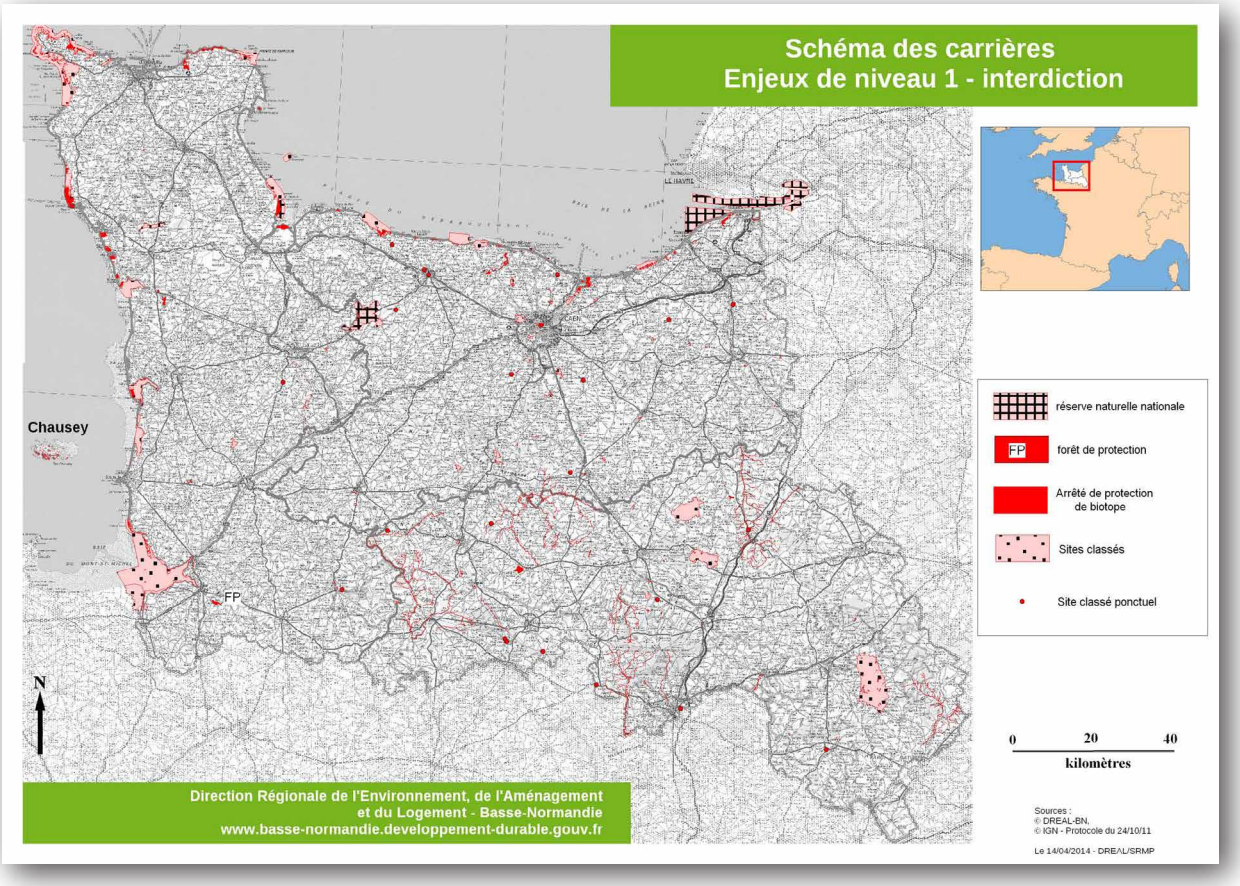
Malgré une façade maritime importante, le transport des matériaux produits en Basse-Normandie s'exerce essentiellement par voie routière. Les échanges maritimes sont très faibles : le port de Honfleur importe en moyenne 76 000 t de matériaux par an ; ceux de Cherbourg et de Granville en exportent respectivement 15 000 et 80 000 tonnes. Trois carrières (Vignats, Chailloué et Vaubadon) sont connectées au réseau ferroviaire, Vaubadon l'ayant été fin 2012. En 2009, les carrières de Chailloué et de Vignats ont exporté 820 500 tonnes par voie ferrée.

La majorité du transport de matériaux (10 millions de tonnes) se fait par voie routière en intra-départemental, sur des distances inférieures à 100 kilomètres. 65 % du transport routier fait moins de 50 kilomètres. La moyenne des distances parcourues par les camions depuis les sites d'extraction est de 45 km, soit davantage que la moyenne nationale (30 km). Cet écart s'explique par le caractère exportateur de la Basse-Normandie.
Peu de modification à l'échéance des 10 prochaines années semble devoir survenir dans le transport des granulats dans les trois départements bas-normands. Le transport ferroviaire n'est pas adapté aux distances pratiquées, les débouchés maritimes restent faibles en volume. Ainsi, même si le rattachement au rail de la carrière de Vaubadon permettra d'augmenter quelque peu le transport ferroviaire dans les prochaines années, le bilan carbone du transport des granulats n'évoluera qu'à la marge dans la décennie à venir.

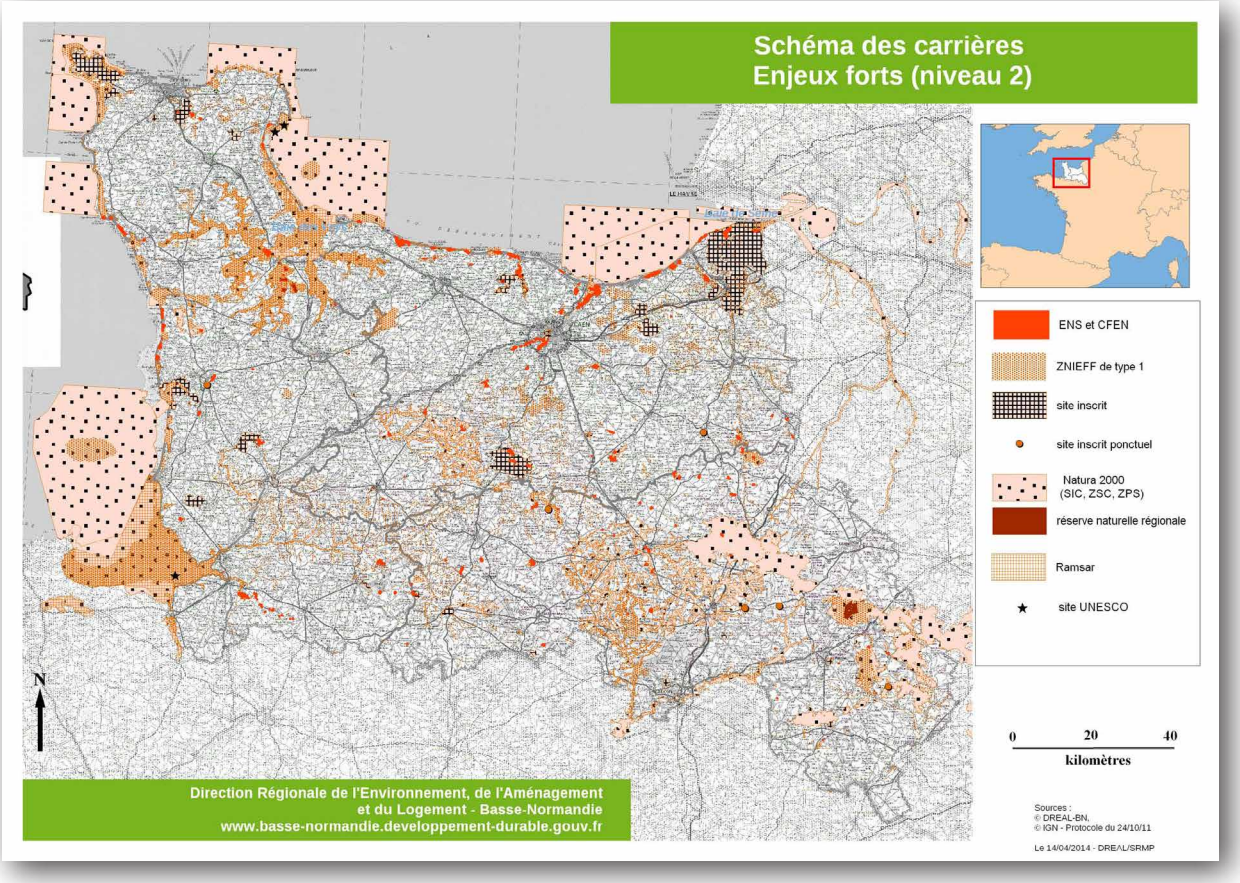
## ► La prise en compte des enjeux environnementaux

Afin de limiter au maximum l'impact des futurs carrières sur l'environnement, les schémas des carrières proposent une classification des territoires de Basse-Normandie selon 4 classes hiérarchiques basées sur l'importance de leur sensibilité environnementale :

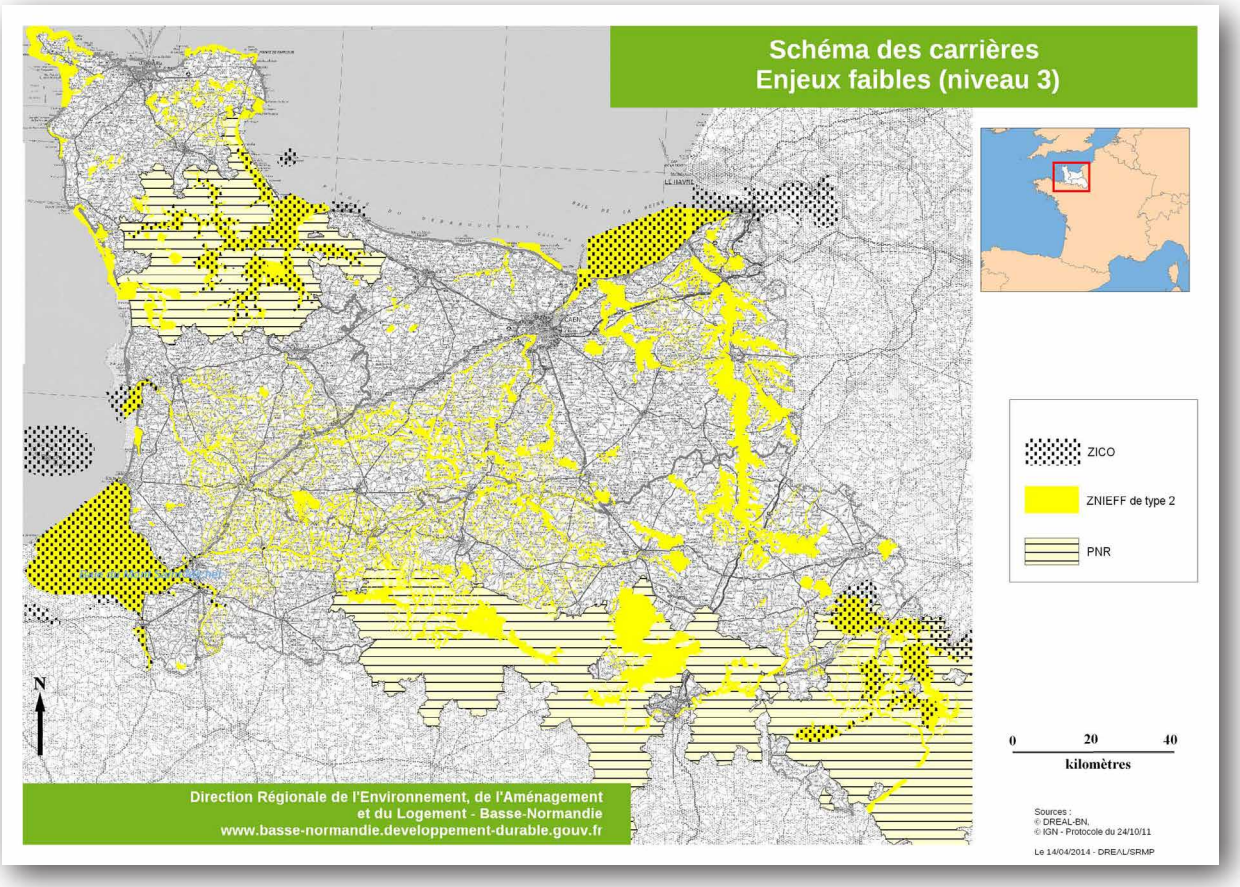
- **Classe 1 :** territoires interdits d'exploitation par voie réglementaire, par arrêté préfectoral ou par le propriétaire foncier (le Conservatoire du Littoral par exemple). Il s'agit des périmètres de protection immédiats des captages d'eau potable, des lits mineurs des cours d'eau et des zones de mobilité de ces derniers, des zones de frayères, des réserves naturelles nationales, des forêts de protection, des réserves biologiques intégrales et dirigées et de certains sites classés.




- **Classe 2** : territoires soumis à des contraintes fortes, par voie réglementaire ou en raison d'enjeux environnementaux élevés. L'implantation de carrières y est possible sous réserves ; Parmi les territoires concernés, citons les zones humides, les ZNIEFF de type 1, les zones agricoles protégées ou les aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine.




- **Classe 3** : territoires soumis à des contraintes faibles sur un plan environnemental ou disposant d'une réglementation ne comportant pas de contraintes spécifiques. S'inscrivent notamment dans ces territoires les ZNIEFF de type 2, les zones de remontée de la nappe phréatique, les zones d'intérêt communautaire pour les oiseaux, les réserves de chasse et de faune sauvage, les zones d'appellation d'origine contrôlée.



- **Classe 4** : territoires ne présentant pas d'enjeux environnementaux importants reconnus à ce jour.

La liste des données analysées pour définir la sensibilité environnementale des territoires regroupe l'ensemble des connaissances actuellement disponibles dans les domaines de la biodiversité, de la ressource en eau, des paysages et des sites protégés. Les territoires urbains ont été de facto extraits de la ressource exploitable.

Si le schéma élimine d'emblée des zones où l'exploitation de matériaux est interdite (niveau 1 rouge), sur le reste du territoire, une étude, au cas par cas, intégrant les niveaux d'enjeux et portant sur les composantes sociales, environnementales et paysagères, dans une vision de cohérence écologique du territoire, reste largement nécessaire. Cette étude constitue la base de la concertation locale.

## ► Le réaménagement post-exploitation

Une carrière en fin d'exploitation se révèle souvent un espace difficile à réaménager.
Il s'agit pourtant d'un lieu offrant en général des opportunités certaines en termes de biodiversité ou de géodiversité. Il n'est pas rare en effet que des particularités géologiques de haute valeur patrimoniale aient été mises en évidence lors des phases d'extraction. Il convient de réfléchir à leur mise en valeur. De même, la biodiversité qui re-colonise une carrière abandonnée peut s'avérer d'une grande richesse. Souvent cependant, le parti de réaménagement privilégie la réalisation d'un plan d'eau profond, milieu banal et à l'origine possible de désordres environnementaux.

Le schéma expose les grands principes à retenir pour réussir un bon aménagement : favoriser les aménagements redonnant un plein usage des sols, végétaliser les zones soumises à érosion, prendre soin des terres extraites lors de l'activité , s'adapter au mieux à l'environnement local, ne pas privilégier le parti du plan d'eau et dans ce cas tenter d'en diversifier les écosystèmes ...

Le schéma recommande aussi de réfléchir aux pistes possibles pour la future gestion du site, en lien avec les élus locaux, et d'acquérir, lors des phases d'exploitation, les données complémentaires qui seraient nécessaires à bien choisir les partis de réaménagement.

## ► Les orientations

Les orientations principales définies par le schéma des carrières sont regroupées selon les grands axes de la stratégie nationale mise en œuvre par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.
Ces axes sont :

- répondre aux besoins et optimiser la gestion des ressources de façon économe et rationnelle ;
- inscrire les activités extractives dans le développement durable ;
- développer le recyclage et l'emploi de matériaux recyclés
- encadrer le développement de l'utilisation des granulats marins dans la définition et la mise en œuvre d'une politique maritime intégrée.

Les orientations retenues dans les schémas des carrières bas-normands sont les suivantes :

**Orientation 1.a** : Favoriser les approvisionnements de proximité en optimisant la distance entre les sites d'extraction, de transformation et les lieux de consommation

**Orientation 1.b** : Optimiser une gestion économe des matières premières (MO) :

- en réservant l'utilisation de matériaux « nobles » pour des usages spécifiques
- en développant l'usage des co-produits d'exploitation
- en faisant la promotion de matériaux de qualité « secondaire » et des matériaux de substitution

**Orientation 1.c** : Valoriser les gisements spécifiques à la Basse-Normandie et réserver ces matériaux pour leurs usages particuliers (cf chapitre « Inventaire des ressources connues en matériaux de carrières) (MO)

**Orientation 1.d** : Valoriser les co-produits d'exploitation en indiquant leur destination envisagée

**Orientation 2.a** : Recommander un cadrage environnemental préalable à la demande du pétitionnaire auprès du service instructeur

**Orientation 2.b** : Dans les dossiers de demande d'exploitation, les points suivants seront systématiquement détaillés :

- préciser la ou les nappes éventuellement interceptées par l'exploitation
- décrire précisément les écoulements souterrains
- identifier dans le détail les impacts de la carrière sur la ou les nappes (prélèvements / rejets), sur les écoulements souterrains et les milieux naturels associés

**Orientation 2.c** : Avoir pris en compte l'ensemble des enjeux environnementaux tels qu'ils ont été identifiés dans la partie « Les zones à enjeux environnementaux dont la protection doit être privilégiée » du schéma des carrières y compris le volet « paysage »

**Orientation 2.d** : Dans le résumé accompagnant le dossier de demande d'exploitation, préciser la connaissance géologique (sédimentaire, structurale et patrimoniale) de la ressource

**Orientation 2.e** : Dans un enjeu de maîtrise de consommation de l'espace, optimiser la surface en exploitation et remettre en état à l'avancement quand la typologie de carrière le permet

**Orientation 2.f** : Promouvoir les pratiques d'extraction qui engendrent le moins d'impacts négatifs pour l'environnement et la santé

**Orientation 2.g** : Privilégier et développer les modes de transport des matériaux économes en émission de gaz à effet de serre
Justifier les modes de transport retenus et les itinéraires de transport

**Orientation 2.h** : Favoriser la création de plates-formes spécifiques de tri sélectif et de recyclage (MO)

**Orientation 2.i** : Réaliser une évaluation, au moins 2 ans avant la fermeture de l'exploitation, des mesures de remise en état prévues dans l'arrêté d'autorisation : à l'aide d'un nouvel inventaire environnemental si l'État - service instructeur - le juge nécessaire, « ajuster » éventuellement les mesures de remise en état prévues dans le dossier initial au nouveau contexte et aux nouvelles techniques

**Orientation 2.j** : Encourager, quand cela est possible, et dans le cadre de la remise en état de la carrière, le remblayage des excavations, dans le respect de la réglementation en vigueur (notamment celle des ISDI), sous réserve d'une étude hydrogéologique détaillée et d'une étude de préservation du patrimoine géologique

**Orientation 3.a** : Faire tendre la part de matériaux recyclés à 10 % au minimum dans les 10 prochaines années (MO)

**Orientation 4.a** : Préciser dans le dossier la nature et le volume des granulats marins faisant l'objet de la demande

# Rapport

# Sommaire


## Analyse de la situation existante 25

- **Les besoins en matériaux** 25
  - *I - Evolution de la production* 25
  - *II - Utilisation des matériaux* 27
- **Les carrières autorisées dans la région** 29
  - *I - Inventaire* 29
  - *II - Répartition* 29
  - *III - Nature / caractéristiques des matériaux exploités* 29
- **Le bilan des schémas des carrières précédents** 30
  - *I - Les visites d'inspection* 30
  - *II - Les plaintes* 30
  - *III - Vérification du respect des prescriptions des autorisations préfectorales* 30
  - *IV - Contrôles inopinés des rejets liquides* 31
  - *V - Les maladies professionnelles* 31
  - *VI - Le respect des orientations des schémas départementaux précédents* 32

## Inventaire des ressources connues en matériaux de carrières 34

- **Contraintes d'exploitation** 35
  - *I - Zones inexploitables de fait : Urbanisation* 35
  - *II - La ressource déjà exploitée* 35
- **Contexte géologique** 38
  - *I - Massif armoricain* 38
  - *II - Bassin parisien* 40
  - *III - Contexte marin* 41
- **Ressources géologiques terrestres** 42
  - *I - Granulats de roche meuble* 42
  - *II - Granulats de roche massive* 46
  - *III - Sablons pour viabilisation et correcteur de courbes* 58
  - *IV - Matériaux pour ornement, pierre de taille, moellons et empierrement* 58
  - *V - Matériaux pour industrie* 59
- **Granulats marins** 66
- **Matériaux de substitution** 68
  - *I - Matériaux in situ* 68
  - *II - Produits alternatifs : matériaux de dragage (ports, cours d'eau)* 68
  - *III - Recyclage* 68
- **Conclusions** 70

## Evaluation des besoins futurs 72

- **Les ratios** 72
- **Besoins pour les logements et les locaux non résidentiels** 72
  - *I - Logements* 72
  - *II - Locaux non résidentiels* 74

- **Besoins routiers** 75
  - *I - Réseau national* 75
  - *II - Réseau national concédé* 75
  - *III - Réseau départemental de l'Orne* 76
  - *IV - Réseau départemental de la Manche* 76
  - *V - Réseau départemental du Calvados* 76
- **Besoins ferroviaires** 77
- **Voirie et Réseaux Divers (VRD)** 77
- **Les besoins particuliers ou ponctuels** 78
  - *I - Projets routiers* 78
  - *II - LNPN* 78
  - *III - Eoliennes en mer* 78
  - *IV - Protection contre la mer* 78
  - *V - Zones d'activités* 79
  - *VI - Reconstruction CHU Caen* 79
  - *VII - Construction de centres pénitentiaires* 79
  - *VIII - EPR réacteur nucléaire de Flamanville* 79
  - *IX - Port de Granville* 79

## Les modes d'approvisionnement et de transport 80

- **Transport de granulats en Basse-Normandie tous modes confondus** 80
  - *I - Trafic interne à la Basse-Normandie - données Sitram* 80
  - *II - Trafic externe à la Basse - Normandie* 82
  - *III - Transport de granulats, analyse par département* 88
- **Les caractéristiques selon le mode de transports** 92
  - *I - Les distances parcourues selon le mode de transport* 92
  - *II - Les émissions de $CO_2$ selon le mode de transport* 93
  - *III - Les modes d'approvisionnement futurs* 94

## Les zones à enjeux environnementaux dont la protection doit être privilégiée 95

- **Les données à prendre en considération** 95
- **Méthodologie de hiérarchisation** 97
- **Cartographie** 99
- **Les carrières en Basse-Normandie** 102
  - *I - Typologie des carrières* 102
  - *II - Les impacts des carrières* 103
  - *III - L'intérêt patrimonial des carrières* 106

## Les types de réaménagement 108

- **Le cadre réglementaire 108**
- **Les éléments à intégrer dans la conception et la réalisation de la remise en état et le réaménagement 109**

*I - Recommandations générales 109*
*II - Avant l'exploitation 110*
*III - Pendant l'exploitation 111*
*IV - En fin d'exploitation 112*

- **Le traitement paysager : dissimulation ou nouveau paysage ? 112**

*I - Créer un nouveau paysage 113*
*II - Rechercher l'insertion paysagère 113*

- **Les principaux types de remise en état et réaménagements en Basse-Normandie 113**

*I - Question préalable : plan d'eau ou non ? 113*
*II - Les principaux types de réaménagements 115*

## Les orientations 116

- **Axe 1 : Répondre aux besoins et optimiser la gestion des ressources de façon économe et rationnelle 116**
- **Axe 2 : Inscrire les activités extractives dans le développement durable 117**
- **Axe 3 : développer le recyclage et l'emploi de matériaux recyclés 118**
- **Axe 4 : Encadrer le développement de l'utilisation des granulats marins dans la définition et la mise en oeuvre d'une politique maritime intégrée 118**

## Les modalités de suivi des schémas des carrières bas-normands 119

# Analyse de la situation existante

## ► Les besoins en matériaux

L'objectif de ce chapitre n'est pas d'arriver à une estimation exacte des besoins en matériaux ces 10 prochaines années (2013-2023), la faible visibilité des aménageurs et le contexte économique actuel rendant cette opération impossible. Il est toutefois possible d'identifier les principaux besoins (identifier les postes de consommation réguliers et ceux susceptibles d'apporter une augmentation ponctuelle importante de la demande). L'objectif est de dégager une tendance pour la décennie à venir. Cependant, d'autres besoins ne sont pas cités ici (préfabriqués par exemple…).

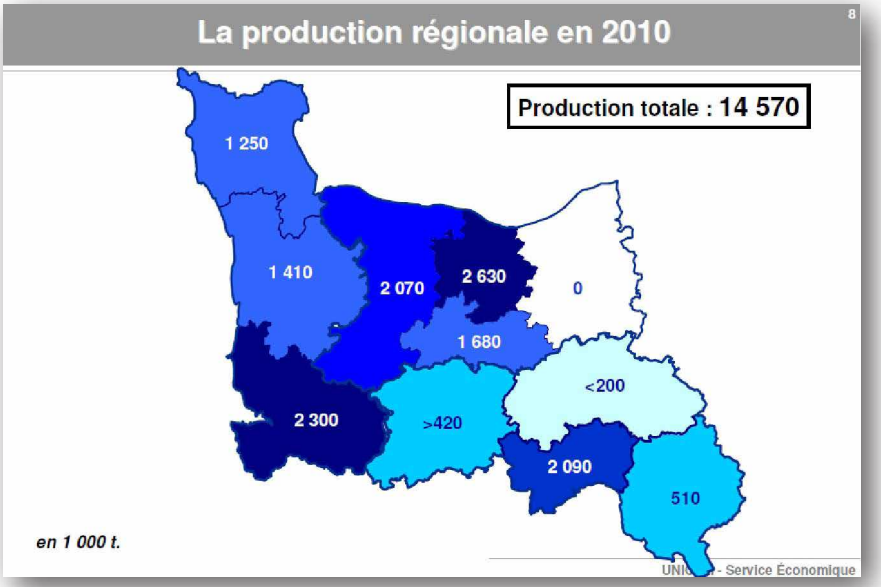
### *I - Evolution de la production*

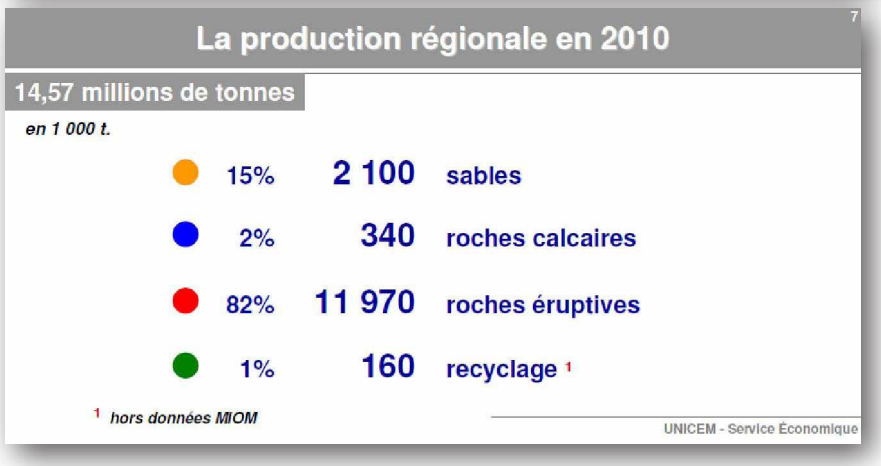
#### ■ Production estimée

La production régionale en granulats a été évaluée par l'UNICEM par enquête auprès de la profession. Pour l'année 2010, les données UNICEM indiquent :

- une production d'environ 15 Mt/an (millions de tonnes) pour les 3 départements bas-normands (6.38 Mt pour le Calvados, 4.96 pour la Manche et 3,23 pour l'Orne) ;
- une importation à hauteur de Import : 1 Mt/an (dont 700 000 t/an vers l'Orne) ;
- une exportation de 3 Mt/an dont 70% vers la Haute-Normandie, 20% vers l'Ile- de-France et 10% autre. Ces sorties sont à 90% destinées aux enrobés ou au béton prêt à l'emploi.
- une consommation régionale de 12 Mt/an, soit 8,47 t/an/hab (5,4 à 10,5 t/an/hab selon les bassins de consommation)

Illustration 1.1 : Production régionale en 2010 (source : UNICEM).



D'après le CRIEC, durant les 5 dernières années, entre 13% et 16% de la production bas-normande de granulats éruptifs a été exportée, contre environ 25 % dans les années 90. Ceci peut s'expliquer, entre autres, par le développement du recyclage, le développement de la filière granulats marins et l'import de matériaux étrangers à la Normandie, cette dernière provenance restant minoritaire.
Il faut noter que l'exportation vers l'Ile-de-France pourrait augmenter du fait de la dépendance de cette région en matériaux de carrières. Les SDC d'Ile-de-France et de Haute-Normandie, en cours de révision, préciseront prochainement les tendances évolutives de leurs besoins.

Les flux sont présentés dans la partie « transports » du Schéma des carrières ».

## ■ Production autorisée

Par définition, la production autorisée est supérieure à la production réelle. A titre informatif, les graphiques ci-dessous indiquent l'évolution de la production autorisée depuis 2002. Les tableaux correspondants sont disponibles en annexe 1.1.

Illustration 1.2 : Production autorisée dans le département du Calvados (source : arrêtés préfectoraux).

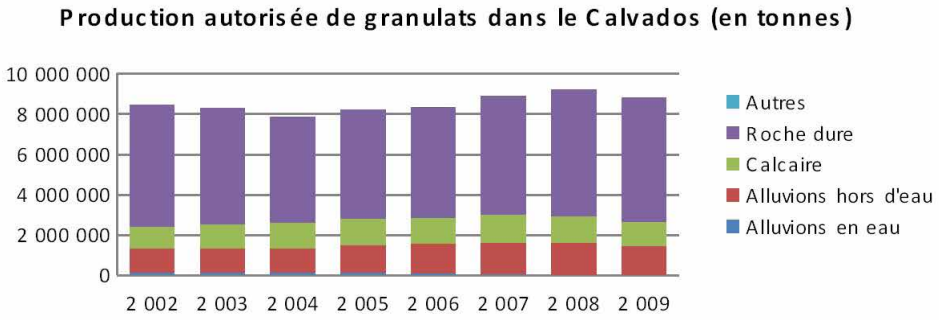



Illustration 1.3 : Production autorisée dans le département de la Manche (source : arrêtés préfectoraux).

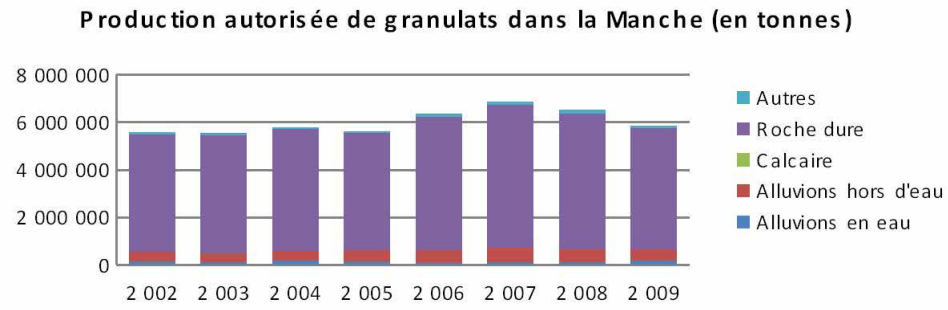



Illustration 1.4 : Production autorisée dans le département de l'Orne (source : arrêtés préfectoraux).

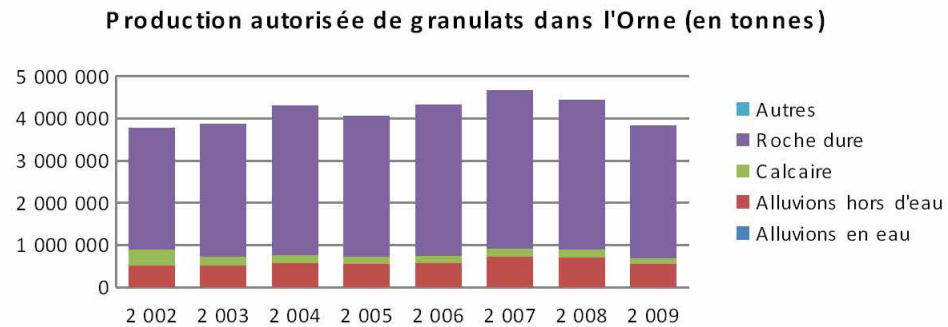
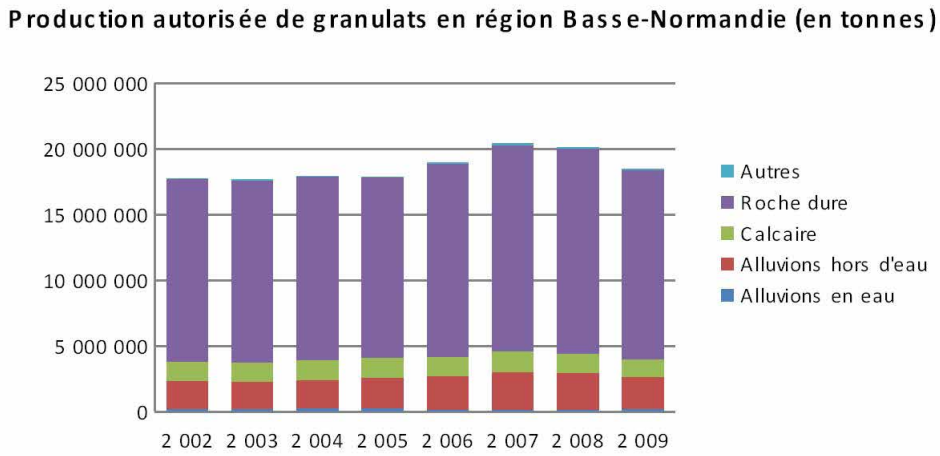


Illustration 1.5 : Production autorisée en Basse-Normandie entre 2002 et 2009 (source : arrêtés préfectoraux).




Ces informations montrent une production autorisée assez supérieure à la production réelle, de l'ordre de 140%. Cet écart s'explique par la nécessité de disposer d'une réserve de production par rapport à des situations exceptionnelles. De plus, la grande majorité des sites ne possède pas les équipements qui permettraient d'extraire et de transformer la production autorisée de manière régulière.
Ainsi, cet écart n'exclut donc pas la nécessité d'ouvrir de nouvelles carrières pour répondre à des besoins spécifiques, notamment de proximité.

## *II - Utilisation des matériaux*

### ■ Utilisation des granulats

Les granulats représentent l'immense majorité des substances extraites des carrières de Basse-Normandie. C'est pourquoi ils font l'objet d'études particulières concernant leur utilisation.
L'utilisation des granulats est répartie de la manière suivante :

- 28% pour les bétons hydrauliques (45% de ces 28 % sont utilisés pour les bétons prêts à l'emploi, 35% pour les bétons de chantier et 20% pour les autres produits béton) ;
- 11% pour les produits hydrocarbonés ;
- 65% pour un autre emploi, c'est-à-dire utilisés en l'état ou avec un liant hydraulique (voiries, réseaux, graves d'aménagement d'espaces privés …).

### ■ Autres utilisations

La demande en granulats est de loin la plus importante. Il existe toutefois d'autres besoins en matériaux de carrière qui représentent des demandes non négligeables. On peut citer :

- les calcaires pour industries (peintures, alimentation animale…) ;
- les calcaires pour cimenterie ;
- les calcaires pour amendement agricole ;
- les calcaires pour pierre de taille ;
- les argiles pour briqueterie ;
- les argiles pour tuilerie ;
- les argiles pour cimenterie ;
- les argiles pour céramiques ;
- les sables pour industries ;
- les granites pour pierre de taille ;

## ■ Destination géographique des matériaux

Un tiers des matériaux produits est dirigé vers des postes fixes pour l'entretien des réseaux territoriaux notamment routiers.

Il faut noter que pour le département du Calvados, le tiers de la production est destinée à l'agglomération de Caen, soit plus de 2 Mt/an (illustration 3.6).
Le ratio production/population amène à une moyenne de 6,2 t/hab/an, soit proche de la moyenne nationale, avec des disparités selon les bassins de vie comprises entre 5,4 et 11,6 t/hab/an. Cette disparité s'explique par le fait que les espaces urbains ont une consommation par habitant moins importante du fait de la densité de population.

Illustration 1.6 : répartition de la consommation en matériaux de carrières dans le département du Calvados (en milliers de tonnes) – Figure UNICEM.

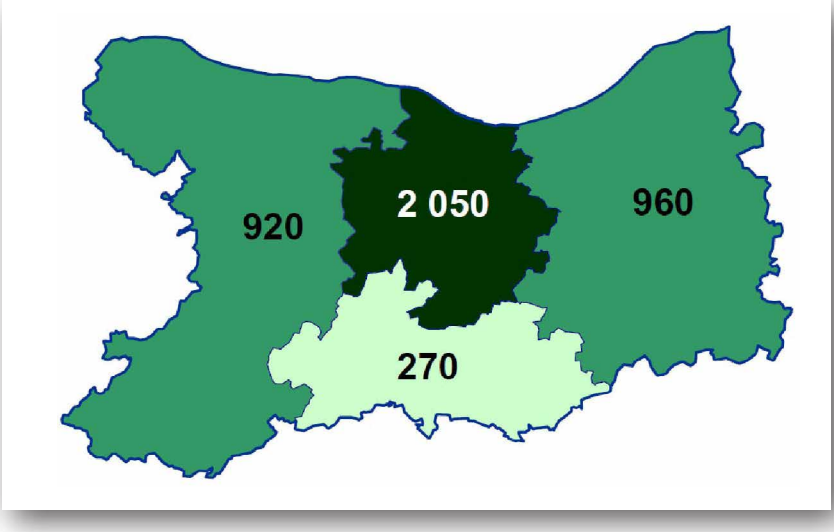



Illustration 1.7 : Répartition de la consommation en matériaux de carrière dans le département de la Manche (en milliers de tonnes) - Figure UNICEM.

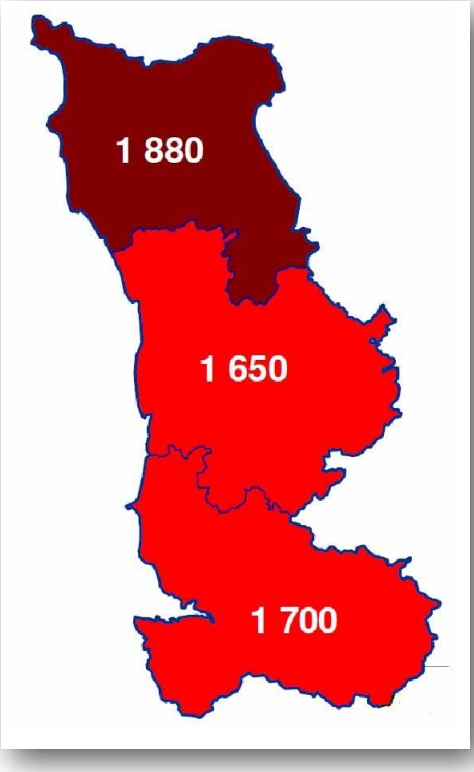
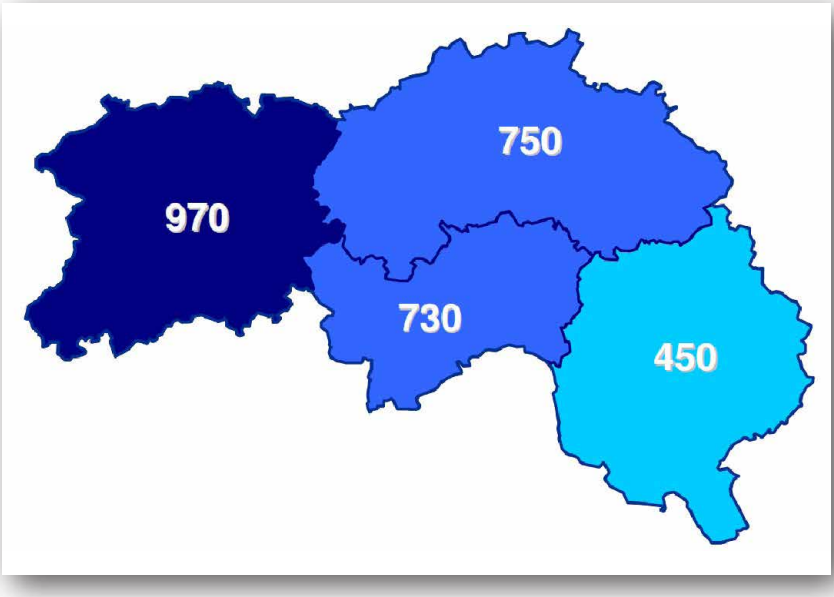



Illustration 1.8 : Répartition de la consommation en matériaux de carrière dans le département de l'Orne (en milliers de tonnes) - Figure UNICEM.



# ► Les carrières autorisées dans la région

## *I - Inventaire*

On recense actuellement une centaine de carrières actives dans la région (voir annexe 1.1) parmi lesquelles six disposent d'une production autorisée fortement supérieure aux autres (production supérieure à 1 Mt/an). Il s'agit de Chailloué, Vignats, Vaubadon, la Roche Blain, Sacab à Esquay-sur-Seulles et SNEH à Munneville-le-Bingard. Deux de ces carrières sont par ailleurs agréées par RFF pour la production de ballast LGV.

## *II - Répartition*

Les graphiques suivants montrent la répartition des carrières par type de matériaux et par département.
La catégorie des roches meubles contient les exploitations de sables et d'alluvions, celle des roches massives contient les roches calcaires, les cornéennes, le granite, le grès, les schistes et les roches volcaniques. Enfin, l'amendement, l'argile et la tourbe entrent dans la catégorie « autre ».

Illustration 1.9 : Répartition des carrières de roche meuble par département

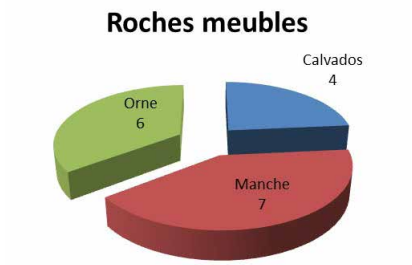



Illustration 1.10 : répartition des carrière s de roche massive par département.

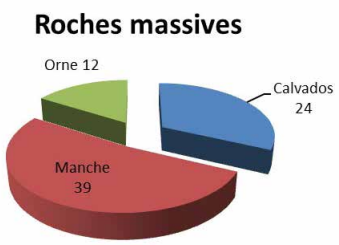
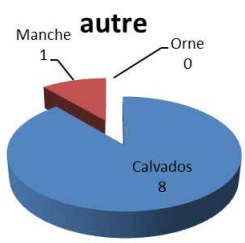



Illustration 1.11 : Répartition des carrières d'exploitation d'autres substances par département.




## *III - Nature / caractéristiques des matériaux exploités*

Les graphiques suivants montrent la nature des matériaux exploités par département. Les matériaux produits sont très majoritairement des granulats de roche massive (environ 80% en production effective), puis du sable ou des graviers (environ 15 %) et des matériaux à destination industrielle (notamment de la craie industrielle, 3%).
Les graphiques suivants sont basés sur les autorisations préfectorales et la production 2010 est indiquée pour chaque département :

Illustration 1.12 : répartition de la production autorisée par substance exploitée, département du Calvados.

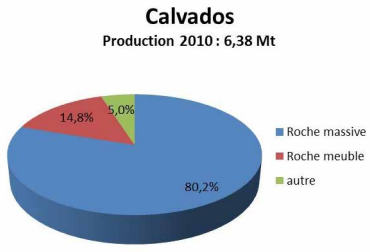



Illustration 1.13 : répartition de la production autorisée par substance exploitée, département de la Manche.

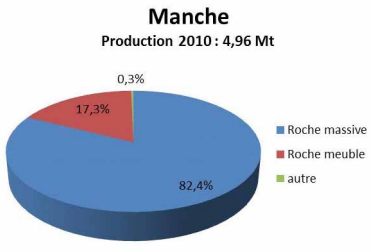
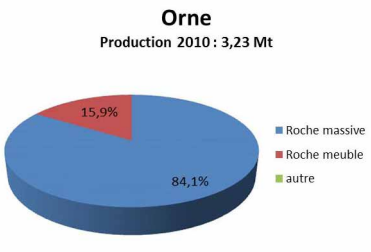



Illustration 1.14 : répartition de la production autorisée par substance exploitée, département de l'Orne.



# ► Le bilan des schémas des carrières précédents

## *I - Les visites d'inspection*

En moyenne, une carrière fait l'objet d'une visite d'inspection tous les deux ans. Près de 5 % de ces visites sont réalisées suite à une pollution, à un accident ou à une plainte.

## *II - Les plaintes*

Elles portent majoritairement soit sur les vibrations ressenties lors des tirs de mines, soit sur des extractions non autorisées. Le nombre de plaintes est en moyenne inférieur à 10 par an pour la Basse-Normandie.
Les plaintes relatives aux extractions illicites, lorsque les informations fournies sont suffisantes pour les localiser précisément, font l'objet de suites administratives et/ou pénales.

## *III - Vérification du respect des prescriptions des autorisations préfectorales*

Les observations les plus fréquentes émises lors des inspections et faisant l'objet de suites administratives (courrier, mise en demeure...) peuvent se résumer comme suit :

- respect des limites autorisées. Les limites d'extraction (bande des 10m) ne sont que très rarement non respectées mais assez fréquemment, des absences ou défaillances des bornes et/ou du piquetage imposés par l'arrêté sont observées. La transmission annuelle à la DREAL des plans d'avancement de l'exploitation fait par ailleurs souvent l'objet de relance bien que, d'une façon générale, ces plans aient été établis par les exploitants ;
- sécurité publique. De fréquentes remarques sont émises sur des clôtures déficientes par endroit. Elles sont généralement rapidement remises en état par l'exploitant. Lorsque des éboulements ont entamé la bande réglementaire des 10m, les exploitants sont mis en demeure de procéder aux travaux de remise en sécurité (confortement, détournement de chaussées ou chemins) ;
- tirs de mines – vibrations. Quelques visites inopinées sont réalisées par an à l'occasion de tirs de mines. Ces dernières opérations apparaissent dans l'ensemble bien maîtrisées, tant du point de vue de la gestion des explosifs que du respect des critères de vibration. Il n'a pas été relevé dans les dernières années d'anomalie notable sur les résultats des mesures de vibration examinés par l'inspection des installations classées ;
- collecte, traitement, rejet des eaux. Ces dernières années, quelques remarques ont porté sur l'entretien et l'aménagement des bassins de décantation ainsi que sur le respect des normes de rejet imposées (matières en suspension) ;
- prévention des pollutions ; les aires de stationnement ou d'entretien des engins ainsi que les aires de stockages ou de distribution des hydrocarbures font l'objet de fréquentes remarques. Elles concernent en général des défauts d'étanchéité des aires de ravitaillement ou l'absence de séparateur d'hydrocarbures ;
- gestion des déchets. Des accumulations de déchets métalliques ou de pneumatiques sont assez fréquemment relevées ;
- hygiène et sécurité. Les contrôles réalisés par la DREAL au titre de l'inspection du travail amènent aux observations les plus nombreuses (non conformité des matériels, insuffisance s dans les consignes au personnel, dans la formation et l'information du personnel des entre prises sous-traitantes, absence d'action corrective aux remarques de l'organisme extérieur de prévention,...) ;
- remise en état. Quelques remarques à la marge sont parfois formulées à ce sujet. Elles sont souvent dues à une évolution de l'exploitation difficile à prévoir lors de l'autorisation. L'attention de l'inspection est portée de façon plus approfondie sur ce thème à l'approche de l'échéance d'autorisation.

## IV - Contrôles inopinés des rejets liquides

Lors de ses visites, l'inspection des installations classées procède chaque année à des prélèvements inopinés afin de s'assurer, par des analyses, du respect des normes de rejet imposées en termes d'effluents. Lors qu'un dysfonctionnement est constaté, il est exigé de la part de l'exploitant qu'il mette en œuvre rapidement les actions correctives (redimensionnement des ouvrages de collecte et de décantation des eaux d'exhaure, remise à niveau du système de régulation du pH,...).

## V - Les maladies professionnelles

Les maladies professionnelles liées à l'activité de carrières observées en Basse-Normandie depuis 2002 sont les suivantes :

| Code maladie professionnelle | Nature maladie professionnelle |
|---|---|
| 025A | Affections dues à l'inhalation de poussières de silice cristalline : quartz, cristobalite, tridymite |
| 042A | Hypoacousie de perception par lésion cochléaire irréversible, accompagnée ou non d'acouphènes. |
| 057A | Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail |
| 079A | Lésions chroniques du ménisque |
| 097A | Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier |
| 098A | Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes |

Le nombre de reconnaissance de maladies professionnelles liées aux activités de carrières depuis 2002 figure dans les tableaux suivants selon chacun des départements :

| Code MP | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 025A | 3 | 5 | 2 | | | 1 | | 1 | 1 | 3 | 16 |
| 042A | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| 057A | | | 1 | | | | 5 | 2 | | 2 | 10 |
| 079A | | | | | | | | | | | |
| 097A | | | | | | 1 | 1 | | | | 2 |
| 098A | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Total Calvados | 3 | 5 | 3 | | | 4 | 6 | 3 | 1 | 5 | 30 |

| Code MP | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 025A | | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | 8 |
| 042A | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| 057A | | 1 | | | | | 1 | 2 | 1 | | 5 |
| 079A | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| 097A | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| 098A | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Total Manche | | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 1 | | 17 |

| Code MP | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 025A | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 8 |
| 042A | | | | | | | | | | | |
| 057A | | | | | | | | | | | |
| 079A | | | | | | | | | | | |
| 097A | | | | | | | | | | | |
| 098A | | | | | | | | | | | |
| Total Orne | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 8 |

Il existe des mesures réglementaires de prévention et de protection qui s'imposent à l'exploitant, notamment pour limiter l'inhalation des poussières par les salariés. De plus, pour les poussières, l'exploitant doit également mettre en oeuvre des mesures de suivi à l'extérieur du site.

## *VI - Le respect des orientations des schémas départementaux précédents*

Chaque nouvelle demande d'autorisation (ouverture, extension, renouvellement) fait l'objet lors, de son instruction, d'une vérification de sa comptabilité avec les orientations définies dans les schémas en vigueur.

**Orientation n°1** : gestion de la ressource

Si la meilleure valorisation possible du gisement est recherchée à travers le renouvellement et l'approfondissement de sites déjà exploités et si certains matériaux demeurent largement réservés pour des applications nobles, tels les matériaux alluvionnaires, des efforts restent à porter sur l'utilisation de matériaux de substitution ou de valorisation. Stériles, sables excédentaires de concassage, matériaux recyclés sont encore trop largement sous-consommés.

**Orientation n°2** : protection du milieu environnant

Les demandes d'ouvertures de carrières sur de nouveaux sites ou d'extensions en surface de carrières existantes font l'objet d'un examen approfondi de l'impact susceptible d'être occasionné. Dans l'ensemble, la connaissance environnementale a fortement progressé cette dernière décennie et l'administration met à disposition des professionnels tous les éléments en sa connaissance (biodiversité, piézométrie, zones humides, paysages ...).
Parallèlement, la sensibilité de la profession à la protection des environnements humain et naturel s'est fortement accrue.
Ainsi, dans l'ensemble, les dossiers présentés aujourd'hui prennent mieux en compte les diverses composantes de l'environnement identifiées dans les schémas des carrières.

**Orientation n°3** : réduction de l'impact des exploitations

Les prescriptions fixées dans les nouvelles autorisations visent à limiter le plus possible les impacts visuels et les nuisances occasionnées par les carrières : maintien ou constitution d'écrans, limitation des émissions sonores, des vibrations, des poussières, normes de rejet des effluents liquides, prévention des pollutions accidentelles ...
Si quelques problèmes surviennent encore ici et là, les impacts sur l'environnement s'avèrent de mieux en mieux maîtrisés. Les efforts ont notamment porté cette dernière décennie sur la gestion des rejets d'eau acide et la protection des milieux les plus remarquables.
Le principe d'une remise en état coordonnée à l'avancement des extractions est retenu chaque fois que possible.

**Orientation n°4** : transport des matériaux

Les conditions d'accès aux sites d'extraction sont examinées lors de chaque demande. Dans certains cas, des aménagements routiers ont été demandés aux exploitants, en particulier au débouché de la voie d'accès de la carrière sur la voie publique. L'inadéquation des accès ou des voies routières empruntées à la circulation de véhicules lourds a pu conduire à limiter certaines autorisations.
Par ailleurs, le transport de matériaux par rail demeure faible, tant en nombre de carrières qu'en volume transporté.

**Orientation n°5** : remise en état

Les modalités de remise en état prescrites aux exploitants visent à éviter la création de zones inaccessibles, à mettre le site en sécurité et à préparer la nouvelle vocation du site.
Les mesures prescrites en matière de remise en état comprennent systématiquement la purge et la mise en sécurité du site, notamment en ce qui concerne les fronts de taille (avec écrêtage, voire talutage), le démontage des installations, la suppression des bassins de décantation, ouvrages et bâtiments inutiles.
L'instruction des demandes peut conduire à certaines modifications des conditions de remise en état proposées compte tenu des contraintes environnementales locales. Les remises en état coordonnées à l'avancement sont privilégiées.
Si les dossiers présentent généralement un parti de réaménagement prenant plus ou moins en compte les potentialités des sites, peu de précisions y sont encore trop souvent apportées sur les modalités de gestion ultérieure des sites réaménagés.
La très grande majorité des carrières actuelles devrait voir une nouvelle affectation en espace naturel avec ou sans vocation écologique par le biais soit :

- d'une revégétalisation / plantation du site ;
- d'une revégétalisation avec création d'un plan d'eau.

Une amélioration progressive a donc pris forme tout au long de la dernière décennie, en lien avec la profession, afin que les projets de réaménagement ne prennent pas systématiquement la forme d'un plan d'eau profond.

Quelques réaménagements ont contribué à rétablir une vocation agricole aux espaces exploités, lorsque le contexte s'y prêtait.

Enfin, afin que les conditions des réaménagements soient le mieux maîtrisées, des dispositions spécifiques sont progressivement adoptées. Elles concernent en général la mise en œuvre d'un suivi du bilan hydrique du site, incluant un suivi piézométrique. Certaines de ces dispositions concernent le remblaiement total ou partiel des excavations par des stériles, matériaux et déblais inertes.

# Inventaire des ressources connues en matériaux de carrières

Ce chapitre est extrait du rapport du BRGM BRGM/RP-61558-FR de janvier 2013 relatif à la cartographie de la ressource disponible dans la Région Basse-Normandie dans le cadre de la révision des schémas des carrières bas-normands.

L'objectif du volet « ressources » de la révision du schéma départemental des carrières consiste à établir un inventaire actualisé des ressources disponibles en estimant le gisement encore présent, à partir des cartographies des ressources en matériaux et des anciennes carrières. Ce travail ne concerne pas uniquement les substances pour granulats mais esquisse également un aperçu des autres types de ressources disponibles. Il est par ailleurs fait état des matériaux de substitution en dehors des exploitations de carrière.

Les résultats montrent que la ressource présente en Basse-Normandie permet de répondre à la grande majorité des demandes courantes et notamment à celle en granulat, par exploitation de proximité, à faible contrainte de transport. La grande variété des roches de Basse-Normandie offre également quelques gisements spécifiques permettant de répondre à des besoins particuliers, pour l'industrie ou l'ornementation par exemple.

Cette capacité permet de définir des orientations de production (choix du maillage de zones de production notamment) sans véritable contrainte territoriale ou un risque de pénurie, autorisant ainsi d'optimiser l'exploitation du territoire dans le respect du développement durable.

Il convient toutefois de préciser que certaines ressources de grande qualité ou certaines ressources spécifiques nécessitent malgré tout une attention particulière quant à la gestion de leur exploitation et de leur stock sur le long terme.

Pour ce faire, il convient d'établir une gestion raisonnée du gisement, notamment en utilisant au maximum les matériaux de qualité moindre pour les travaux ne nécessitant pas de produits de haute qualité. Il peut s'agir des co-produits de carrières, aujourd'hui très excédentaires, mais aussi de matériaux de substitution, élaborés par traitement de matériau de déblai in situ ou par recyclage des matériaux inertes.

Enfin, il faut noter que les fonds marins au large de la Basse-Normandie offrent une ressource abondante, notamment dans l'axe de la paléo-vallée de la Seine. L'exploitation des granulats marins tend ainsi à se développer de plus en plus en Baie de Seine, en lien avec la proximité des infrastructures portuaires du Havre.

La première partie de ce chapitre fait état des contraintes dites « de fait » qui rendent la ressource indisponible, parce que déjà exploitée ou inaccessible (urbanisation).
La seconde partie de ce chapitre présente le contexte géologique particulier de la région.
Les parties suivantes inventorient les ressources potentiellement disponibles en domaine terrestre, puis marin, avant de terminer par les ressources alternatives.

Il faut noter que ce chapitre utilise une terminologie à vocation « carriers ». Certains des termes présents sont aussi utilisés en géologie avec un sens précis, parfois différent et peuvent amener à certaines confusions. Cette précision doit donc être prise en compte lors de la lecture de ce rapport (cf glossaire en annexe 2.2).

# ► Contraintes d'exploitation

## *I - Zones inexploitables de fait : Urbanisation*

Les matériaux situés sous emprise urbaine ont été soustraits de la ressource brute, étant considérés comme inaccessibles de fait. Pour les cartographier, toutes les zones urbaines référencées dans la base de données BD Topo de l'IGN ont été prises en considération.

## *II - La ressource déjà exploitée*

La ressource géologique est exploitée depuis très longtemps par l'homme, pour la confection de céramique, de moellons ou de pierres de taille ayant servi à la construction des villes. Parmi les nombreux exemples en Basse-Normandie, peuvent être cités l'exploitation du Calcaire de Caen, du granite de Flamanville, du Grès armoricain, du kaolin (Les Pieux)…

Depuis la Seconde Guerre mondiale et l'utilisation massive de bétons, ce sont les granulats et non les moellons qui prédominent sur le marché du bâtiment. La région n'est pas desservie par un grand fleuve qui permettrait l'exploitation à grande échelle de granulat alluvionnaire de qualité, à l'image de la vallée de la Seine en Haute-Normandie. Cependant, son sous-sol est riche en roches massives de qualité, largement utilisées dans le BTP une fois concassées et criblées, et générant de nombreuses applications.

Les carrières en activité et les carrières abandonnées ont été inventoriées dans le but de préciser l'état d'exploitation actuelle des gisements.

### ■ Sources de données

Les données utilisées pour l'évaluation des zones déjà exploitées, au moins en partie, sont :

- les carrières indiquées sur la carte géologique de la France au 1/50 000ème du BRGM© ;
- les campagnes de traitement d'archives réalisées par le BRGM au niveau de ses différentes Unités territoriales ;
- les données se trouvant en Banque des Données du Sous-Sol (BSS), principalement des dossiers inscrits dans les années 1970.

Cet inventaire a été réalisé en parallèle avec la mise à jour de l'Observatoire des Matériaux (www.materiaux.brgm.fr).

### ■ Résultats et analyse critique

#### ➔ Carrières dont l'activité est terminée

Près de 3900 carrières ont été répertoriées dans le cadre de cet inventaire (illustration 1) ; les contours de 350 d'entre elles ont été digitalisés, hors carrières en activité. Il s'agit des carrières les plus récemment exploitées ou celles qui ont marqué le paysage. L'immense majorité des 3900 carrières correspond à de petites carrières, exploitées dans le passé, de manière artisanale.

Les carrières pour lesquelles des données géométriques ont été obtenues couvrent une surface déjà exploitée d'environ 36 km² (soit 0,2% de la surface régionale), répartie sur l'ensemble du territoire régional.

Bien que de nombreuses sources d'information aient été consultées, cet inventaire ne peut apporter une vision totalement exhaustive des zones déjà exploitées pour les raisons suivantes :

- les carrières souterraines n'ont pas été prises en considération, faute d'une connaissance précise ou disponible de leur emprise ;
- les abrupts visibles sur les cartes topographiques, bien qu'ils puissent correspondre à d'anciens fronts de taille, n'ont pas été pris en compte ;
- Il n'a pas été procédé à l'examen de cartes topographiques anciennes ni de photos aériennes. Vu leur nombre (une édition aérienne par décennie minimum depuis 1945, plusieurs éditions de cartes topographiques à 1/50 000 puis 1/25 000), cela nécessiterait un travail long et coûteux et une partie des résultats se traduirait par l'identification de zones désormais urbanisées et donc hors propos ;
- une absence de connaissance/mémoire pour les plus anciennes carrières.

### ➔ Carrières en activité

On dénombre actuellement 106 carrières en activité en Basse-Normandie. La majorité d'entre elles produit des granulats issus de roches siliceuses. La carte de répartition des carrières en activité montre un maillage de la Basse-Normandie laissant peu de zones sans points d'extraction de matériaux (illustration 2), même si la partie est de la région, à l'image de la Haute-Normandie, montre un contexte géologique peu favorable à l'exploitation de granulats. Une connaissance synthétique de ces carrières en activité permet d'identifier si la production peut répondre à la demande dans l'espace, par le maillage des points de production, et, dans le temps, par la synthèse des productions autorisées pour les 30 prochaines années (illustration 3).

Illustration 2.1 : carte de la ressource déjà exploitée

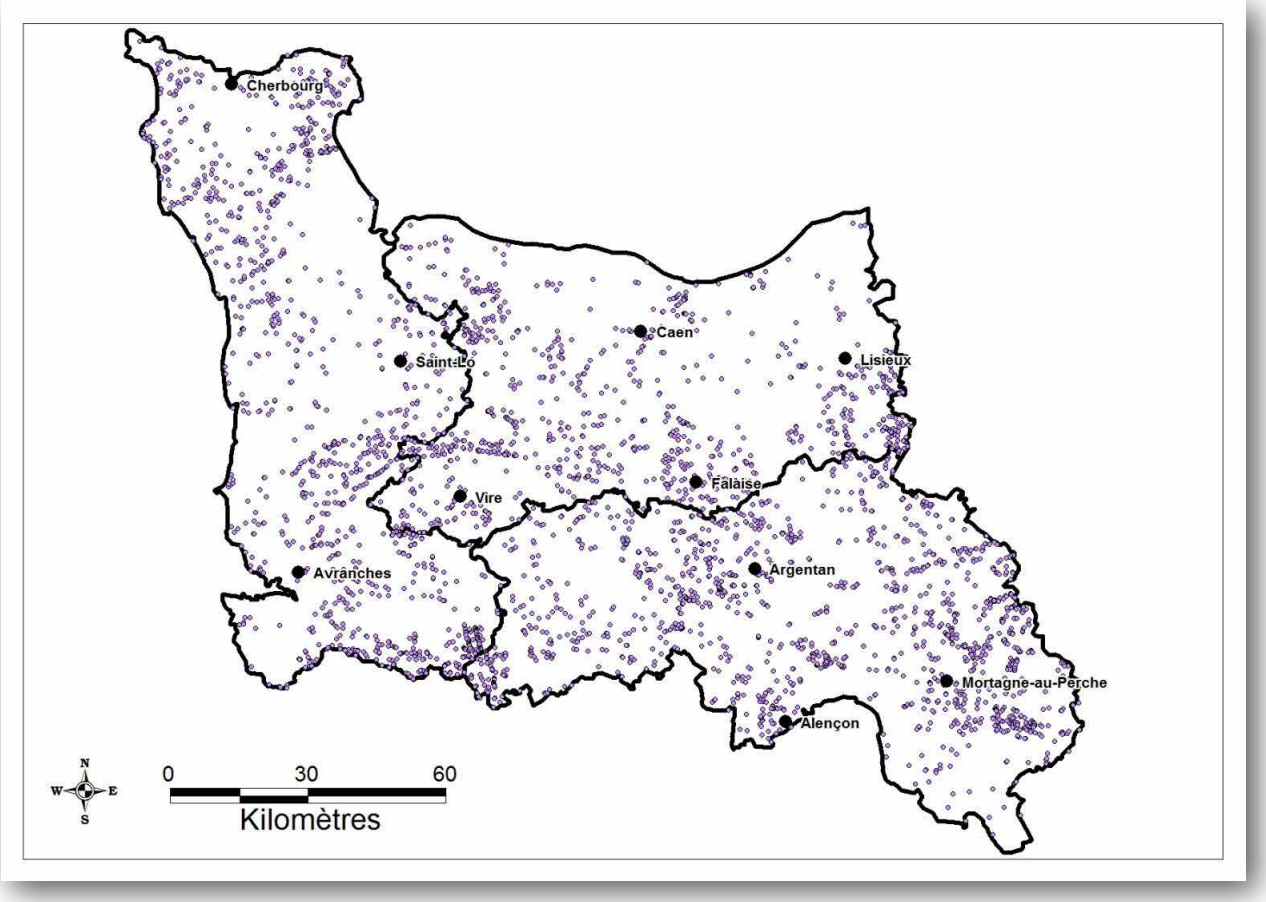


Illustration 2.2 : localisation des carrières en activité en Basse-Normandie.

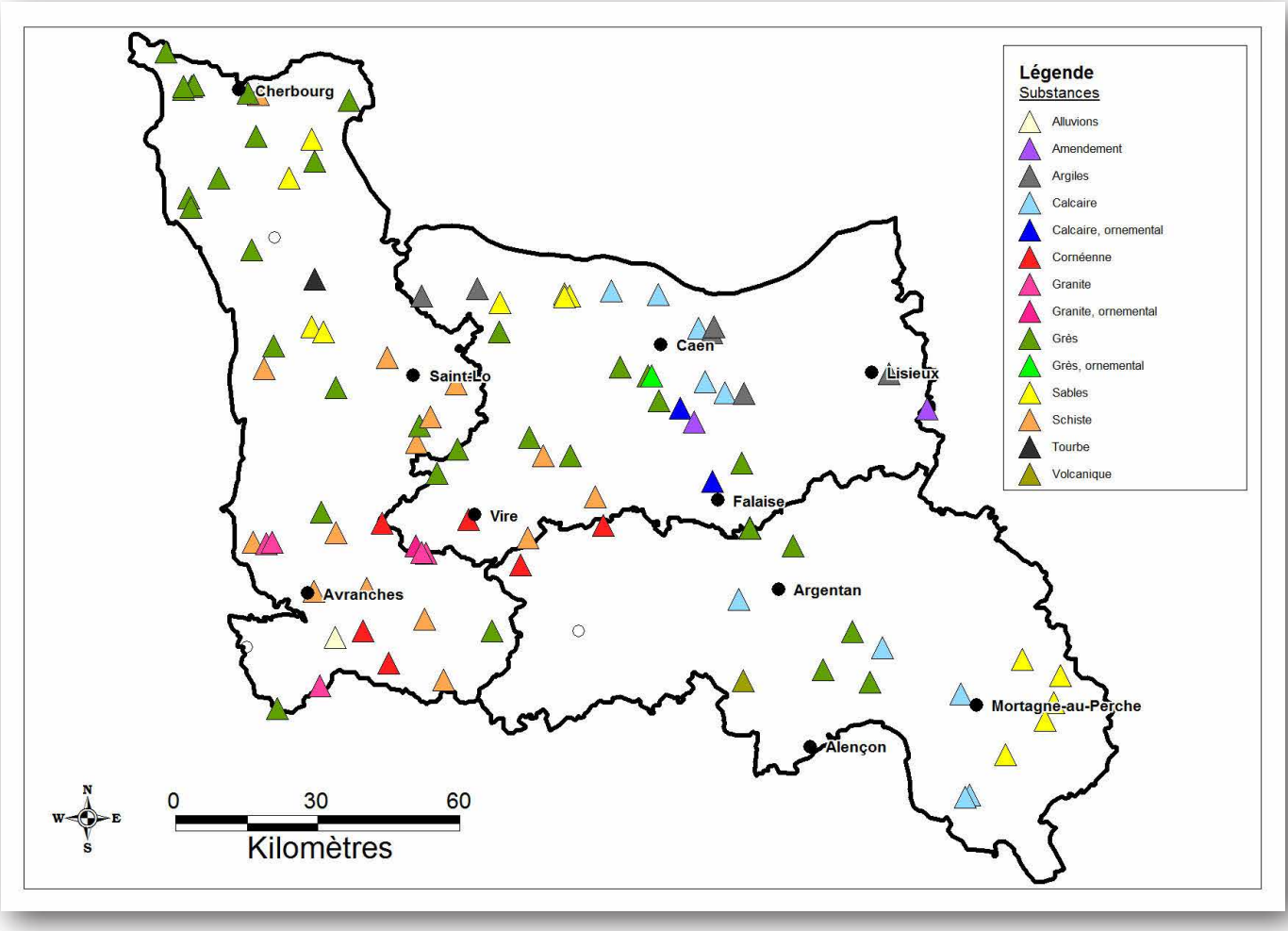
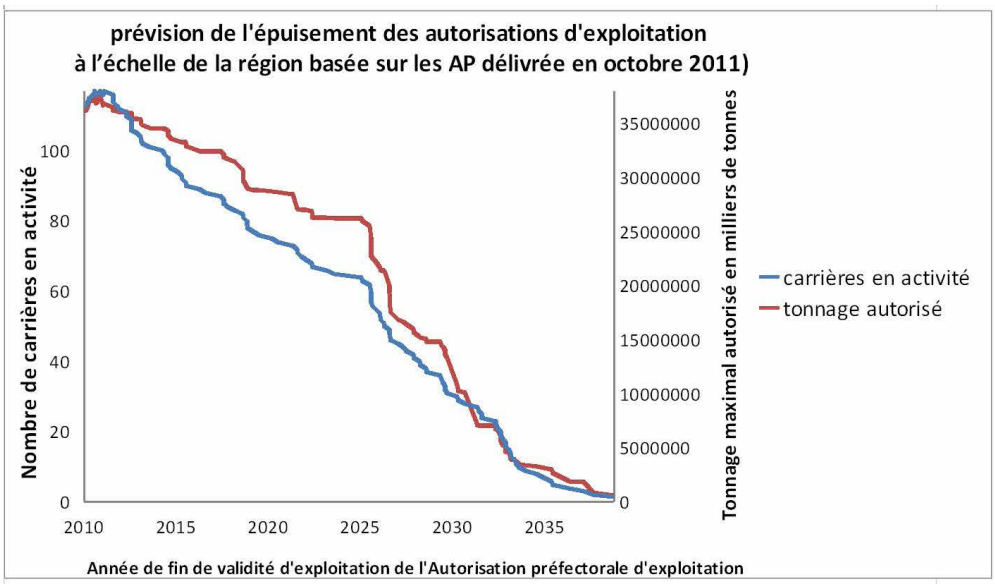


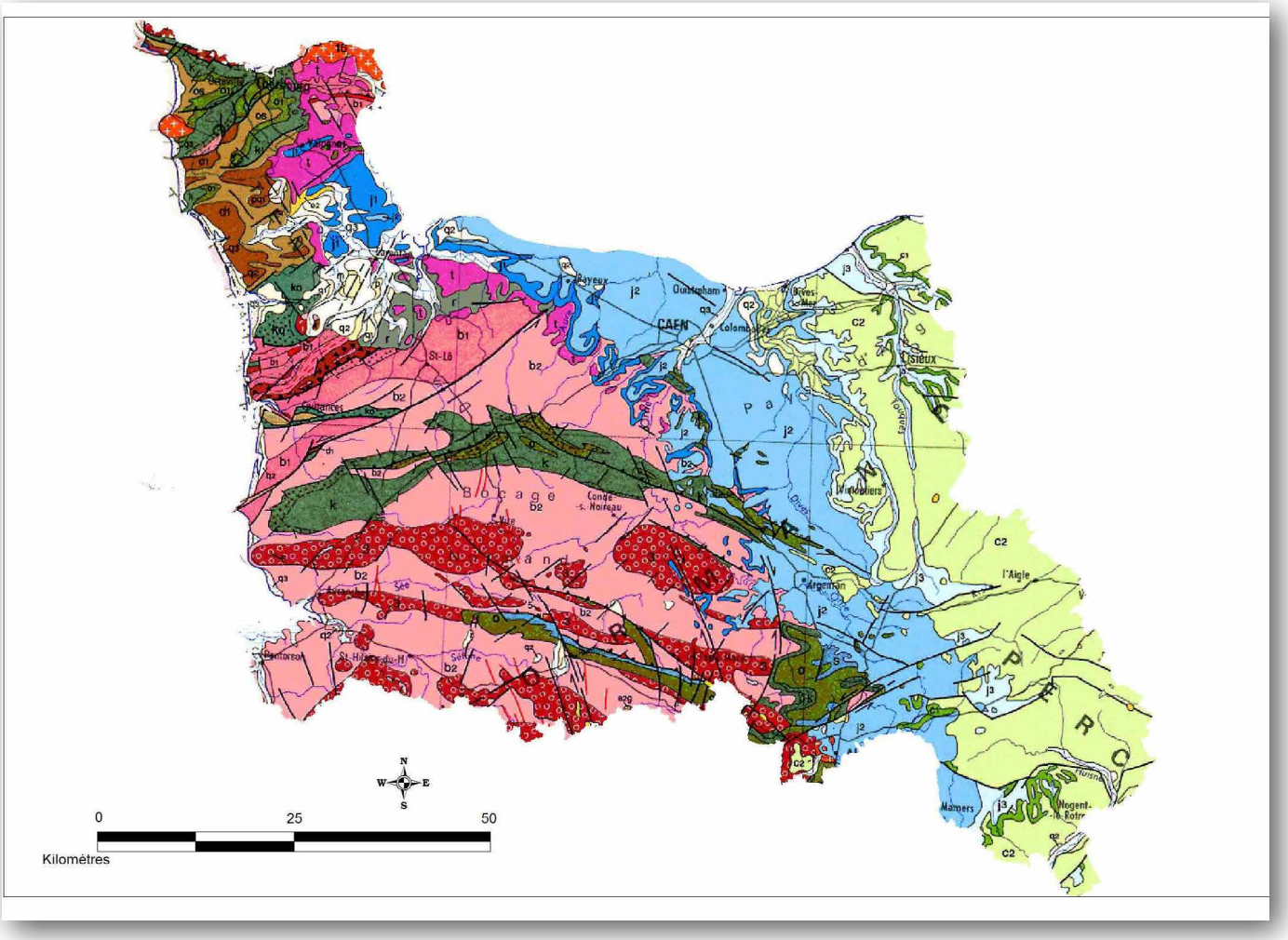

Illustration 2.3 : Prévision de l'épuisement des autorisations à l'échelle régionale (source : base des arrêtés préfectoraux)



# ► Contexte géologique

La Basse-Normandie dispose d'une géologie très variée scindée en deux grands ensembles : à l'ouest, le Massif armoricain ; à l'est la bordure occidentale du Bassin Parisien. Le Massif armoricain est caractérisé par des terrains anciens, majoritairement siliceux et déformés ; les terrains du Bassin Parisien sont plus récents, majoritairement carbonatés et tabulaires.

Illustration 2.4 : Extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000 (©BRGM)




## *I - Massif armoricain*

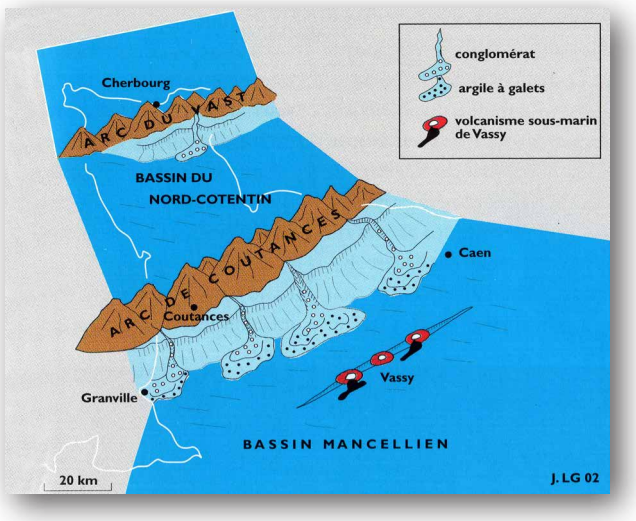
### ■ Les terrains du Pentévrien

Ces terrains affleurent uniquement à l'extrême nord-ouest du département de la Manche, à la pointe de la Hague, sous forme relictuelle. Ils sont composés de gneiss et d'amphibolites et constituent le vestige de la plus vieille chaine de montagnes connue en France : la chaine icartienne. Ils sont datés de 2 milliards d'années.

## ■ Le Briovérien (-640 – -540 Ma)

Le Briovérien est le dernier étage du Protérozoïque supérieur. L'histoire briovérienne de la Basse-Normandie est très complexe mais les auteurs s'accordent pour séparer le Briovérien en 2 étages : le Briovérien inférieur (b1) et le Briovérien supérieur (b2). De façon générale, hormis les roches magmatiques, les terrains du Briovérien inférieur sont d'origine volcano-sédimentaire et dérivent de l'érosion des reliefs formés par deux arcs volcaniques : les arcs du Vast et de Coutances (illustration 5). Le Briovérien supérieur est constitué surtout d'un remaniement des roches du Briovérien inférieur, sous forme de turbidites.

Illustration 2.5 : Paléogeographie de la Normandie au moment de la mise en place des terrains briovériens (Le Gall in « La Normandie », 2002).




Les plutons cadomiens de Basse-Normandie sont issus de deux phases orogéniques distinctes : la phase cadomienne I, autour de -585 Ma, marque la séparation du Briovérien inférieur et supérieur par un bouleversement dans les mécanismes de sédimentation et par la mise en place d'un abondant magmatisme dioritique dans la région de Coutances et de la Hague. La phase cadomienne II, vers -540 Ma, marque la fin du Protérozoïque.
Elle s'accompagne de la mise en place de l'ensemble des granites dits mancelliens (Vire, Athis, Avranches, la Ferté-Macé...). La mise en place de ce magmatisme a généré la cuisson des matériaux au sein desquels ils se sont introduits, déterminant la création de cornéennes et de schistes tachetés.

## ■ Paléozoïque (Primaire, -540 – -295 Ma)

Il débute à la fin de l'orogenèse cadomienne par le Cambrien qui apparaît en discordance sur le Briovérien. Le Paléozoïque n'est pas représenté de façon homogène et dans sa totalité en Basse Normandie. Il présente une sédimentation plus éparse dans sa partie supérieure (Dévonien, Carbonifère et Permien), voire des lacunes. Celles-ci s'expliquent par un milieu de sédimentation peu profond.

Les terrains paléozoïques sont constitués surtout de matériaux terrigènes provenant de l'érosion de la chaine cadomienne (domaines mancellien et domnonéen émergés) : séries schisto-gréseuses et conglomérats du Cambrien et de l'Ordovicien, en discordance sur le Briovérien. Les dépôts sédimentaires du Silurien se composent de boues noires riches en matière organique. Les dépôts dévoniens sont plutôt sableux, parfois calcaires. De la fin du Dévonien jusqu'à la fin Carbonifère, la Basse-Normandie, qui subit les contraintes de l'orogenèse hercynienne, est un domaine davantage soumis à érosion qu'à sédimentation. On retrouve quelques formations détritiques au début du Carbonifère, synchrone de l'orogenèse varisque. La sédimentation redémarre à la fin du Carbonifère (Stéphanien) dans le bassin houiller de Littry.

La formation de la chaine hercynienne (ou orogenèse varisque) s'accompagne d'une importante déformation du bâti armoricain. Elle détermine également, entre -340 Ma et – 300 Ma, l'apparition d'un abondant magmatisme à l'origine des granites de Flamanville, de Barfleur et d'Alençon.

A l'image du magmatisme cadomien, le magmatisme varisque a provoqué la cuisson en cornéennes et schistes tachetés des roches au sein desquelles il s'est introduit.

## *II - Bassin parisien*

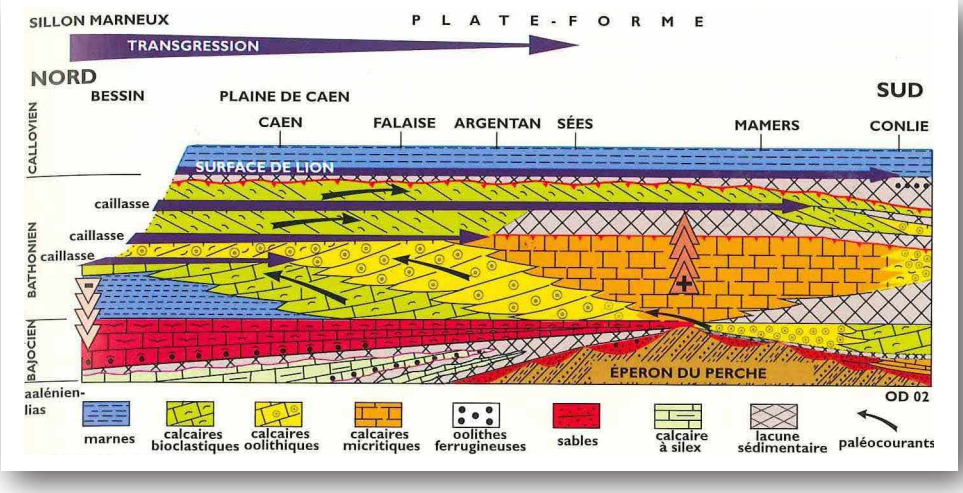
### ■ Trias (-250 – -200 Ma)

Il est le produit d'une sédimentation continentale consécutive à la régression marine post-permienne. Présent dans le Cotentin, le Bessin ou au sud de la Campagne de Caen-Falaise, il est composé de sables, cailloutis, argiles pouvant présenter des traces de paléosols carbonatés (calcrètes).

### ■ Jurassique (-200 – -145 Ma)

Le Jurassique est représenté par une succession de couches tabulaires de formations calcaires et marneuses.
Ce « multicouche » résulte de l'action de plusieurs transgressions marines qui se sont opérées tout au long du Jurassique, par pulsations successives. Ces pulsations ont contrôlé le cadre de la sédimentation et la nature des dépôts. Le paysage est alors comparable aux archipels des mers tropicales actuelles avec des îles formées par des écueils de terrains paléozoïques. Le climat jurassique, chaud, est propice au développement d'organismes marins qui favorisent la formation de carbonates. Bien que fortement pénéplané, le Massif armoricain fournit encore des matériaux détritiques issus de son érosion, alimentant les carbonates en fraction détritique. Une bonne partie de celle-ci, notamment les argiles des marnes, provient cependant de l'Atlantique, tout proche. Entre un domaine marin profond, situé au large de l'Armorique, et le littoral armoricain, les modifications des conditions de sédimentation expliquent la présence, au cœur des terrains jurassiques, de nombreuses variations latérales de faciès.

Illustration 2.6 : Schéma expliquant les variations latérales de faciès au Jurassique (Dugué in «La Normandie, 2002)




Vers -145 Ma, la mer jurassique se retire simultanément de tous les territoires armoricains, en lien avec l'ouverture du Golfe de Gascogne.

### ■ Crétacé (-145 – -65 Ma)

La mer revient au Crétacé vers -120 Ma, à la fin du Crétacé inférieur. Il existe donc une lacune sédimentaire couvrant la presque totalité du Crétacé inférieur, exception faite de l'Aptien et Albien. Au Cénomanien, les conditions sont réunies pour permettre une production carbonatée marine importante avec l'amoncèlement d'une quantité considérable de coccolites et autres microorganismes producteurs de tests calcaires. Ils sont à l'origine d'une accumulation d'environ 300 m de craie partiellement érodée depuis.

### ■ Tertiaire (-65 – -2,6 Ma)

Après la régression de la mer du Crétacé, de rares transgressions marines ont lieu pendant le Tertiaire. Elles surviennent le long du futur axe de la Seine ou/et dans de petits bassins sédimentaires localisés dans l'Isthme du Cotentin ou en prolongement du bassin de Rennes. Caractérisé par un climat chaud et humide, le Tertiaire est propice à l'altération. Toutes les formations déposées auparavant en ont subi les effets, dès lors qu'elles étaient proches de la surface du sol, à commencer par la craie. Celle-ci s'est transformée tout au long du Tertiaire, partiellement ou intégralement, en une épaisse couche d'altération : les Argiles à silex, composées des résidus insolubles des formations carbonatées (argiles, silts, sables et silex).
Bien que moins spectaculaire de par les effets produits, les processus d'altération ont également affecté les roches du socle armoricain. Elles sont altérées en surface sur des épaisseurs très variables, souvent conditionnées par la fracturation.

### ■ Quaternaire (-2,6 Ma – aujourd'hui)

Pendant cette courte période sur l'échelle des temps géologiques, la Normandie a surtout connu une influence périglaciaire. Les périodes glaciaires et interglaciaires du Quaternaire ont marqué la géologie par des variations importantes de la hauteur de la mer, déterminant, en transgression, le dépôt de plages à des niveaux plus élevés que ceux des plages actuelles et, en régression, à des niveaux très inférieurs.
La proximité de la calotte glaciaire qui, durant les glaciations, recouvre le nord de l'Europe parfois jusqu'à Londres, génère, lors des périodes de froid sec, des dynamiques de dépôts particulaires. Les vents catabatiques générés par les glaciers ainsi que les vents circumpolaires sont alors responsables du dépôt des lœss ou limons de plateau, sous forme de placages parfois plurimétriques. Ils recouvrent indistinctement les terrains du Massif Armoricain et de la bordure ouest du Bassin Parisien.
Entre les périodes glaciaires, des périodes de froid humides puis plus tempérées (proches du climat actuel) favorisent des processus gravitationnels : fluage de pente, glissements de terrain...

## *III - Contexte marin*

La succession des régressions et transgressions marines au cours du Quaternaire a également permis le creusement et le comblement de réseaux fluviatiles aujourd'hui recouverts par les eaux de la Manche. Les campagnes de sismique ont ainsi révélé le prolongement sous-marin de la paléo-vallée de la Seine, comblée de sédiments dans toute la mer de la Manche. Aux périodes les plus froides, l'abaissement du niveau marin (jusqu'à -120 m par rapport à l'Actuel) enlevait le caractère insulaire à l'Angleterre qui était séparée de la France et la Belgique par un paléo-fleuve « Manche »,( drainant les actuels fleuves de l'Orne, la Seine, la Somme, la Tamise, le Rhin…, avec les mêmes systèmes de dépôt d'alluvions que pour n'importe quel cours d'eau important, sous un climat froid.
La transgression marine actuelle, qui a débuté il y a moins de 15 000 ans, a drossé à la côte un volume important de matériaux composant les plages de notre littoral et dont certains sont remaniés par le vent au sein des cordons dunaires.
Les courants de marée et les houles contribuent actuellement à l'érosion des plages et des cordons dunaires sur une grande partie du littoral de Basse-Normandie. Néanmoins, les fonds de baie (Baie du Mont-Saint-Michel, Baie des Veys et Baie de Seine) se colmatent progressivement. La Baie du Mont-Saint-Michel se colmate actuellement par des matériaux d'origine marine (apports annuels compris entre 500 000 m3 – IFREMER, 2003 - et 1 million de m3 de sable). Des aménagements favorisant le désensablement de la baie sont en cours. Ils consistent à utiliser le Couesnon pour entraîner les particules fines au large.

Le contexte marin est aussi producteur de concrétions calcaires, dénommées « Maërl » et produites par des algues. Il s'agit de matériaux riches en calcaire et en oligoéléments, très recherchés pour l'amendement agricole et les engrais biologiques. Les travaux de recherche ne montrent pas de gisements très importants en Basse Normandie et ces algues sont considérées comme espèce menacée. La loi de 2009 résultant de l'application du Grenelle de l'Environnement prévoit l'arrêt de leur exploitation en France pour 2013.

# ► Ressources géologiques terrestres

Comme évoqué en introduction, le vocabulaire utilisé est à vocation « carriers » et peut être à l'origine d'approximations géologiques. Aussi certains termes ayant un sens géologique bien précis peuvent être utilisés ici pour évoquer quelque chose de plus général. C'est le cas par exemple du terme « granite » évoqué au sens large dans les paragraphes suivants. Autre exemple, le terme de sablon représente en géologie une particule dont la granulométrie varie entre 20 et 200 µm, tandis qu'il représente pour les carriers des particules sableuses utilisées de manière commune comme granulat utile en viabilisation.

## *I - Granulats de roche meuble*

On peut classer les granulats de roches meubles en 3 grandes familles suivant leur contexte de dépôt :

- alluvions ;
- sables marins ;
- formations sédimentaires sableuses.

### ■ Les alluvions

#### ➔ Alluvions

Situés dans le lit majeur ou mineur d'un cours d'eau, les alluvions sont souvent hétérogènes, leur composante principale évoluant entre un terme sablo-graveleux et un terme argilo-sableux.
D'une manière générale, leur épaisseur varie énormément : entre 2 et 16 mètres. La forte proportion de limons, combinée à l'hétérogénéité des dépôts, fait que l'exploitation de manière industrielle des alluvions reste limitée en Basse-Normandie, d'autant plus que les volumes exploitables sont en général faibles.

- Lit mineur :

Il s'agit d'alluvions « en eau » ou noyées régulièrement lors des périodes de hautes eaux. Bien que l'on puisse trouver des lits de graviers par endroit, il s'agit essentiellement de matériaux limono-sableux. On trouve aussi beaucoup de tourbes en partie aval des vallées, dans les endroits où la pente du profil en long devient très faible. L'exploitation en lit mineur pose par ailleurs souvent des problèmes environnementaux liés à la préservation des cours d'eau.
Il faut d'ailleurs noter à ce sujet que la loi interdit les extractions de matériaux dans le lit mineur des cours d'eau, espace défini comme le chenal dessiné par un cours à plein bord avant débordement. Ils sont également interdits dans les plans d'eau traversés par les plans d'eau.
Cette ressource bien que potentiellement existante est donc inaccessible de par la réglementation actuelle de protection de l'environnement.

- Lit majeur :

La surface de ces formations n'est aujourd'hui ennoyée que rarement, lors des crues. Toutefois, en profondeur, les dépôts d'alluvions sont très souvent en eau, en lien avec la présence d'une nappe d'eau souterraine. Les matériaux rencontrés sont très comparables à ceux du lit mineur.
D'une manière générale, il est possible d'observer dans ces dépôts un grano-classement vertical, avec souvent des graves dans la partie inférieure des dépôts et des alluvions sablo-argileuses sur les parties supérieures.
Concernant le cadre réglementaire, les arrêtés d'autorisation d'exploitation fixent la distance minimale séparant les limites de l'extraction des limites du lit mineur du cours d'eau ou des plans d'eau traversés par un cours d'eau. Elle ne peut être inférieure à 50 m vis-à-vis des cours d'eau ayant un lit mineur d'au moins 7,5 m de largeur. Elle ne peut être inférieure à 10 m vis-à-vis des autres cours d'eau.

### ➔ Alluvions de terrasse

Les alluvions anciennes de basses, moyennes et hautes terrasses sont composées de sables et graviers pouvant contenir une matrice argileuse non négligeable. Elles sont généralement hors d'eau, ce qui facilite leur exploitation. A titre indicatif, la BSS donne pour ces formations, quand elles sont représentées sur les cartes géologiques, une épaisseur moyenne de 4 m avec un maximum de 13 m et un minimum 2 mètres. La variance de l'épaisseur des alluvions de terrasse étant supérieure à la moyenne, la variabilité de cette épaisseur est donc grande. On trouve toutefois par endroits des épaisseurs non négligeables de matériaux de bonne qualité susceptibles de faire l'objet d'une exploitation degalets et de graviers. C'est le cas par exemple dans la partie médiane de la vallée de l'Orne.

### ➔ Localisation des gisements d'alluvions

Dans le département de l'Orne, un gisement d'alluvions existe dans le fossé d'effondrement de Domfront, où la perte de compétence de la Varenne explique le dépôt d'une grande quantité de particules issues de l'altération du massif granodioritique de Vire et de ses cornéennes associées.
Les vallées de la Sarthe, de l'Huisne et de l'Orne sont également intéressantes par endroits.
Dans la Manche, l'axe entre Périers et Carentan, les vallées de la Sées et de la Sélune (partie amont) peuvent fournir des gisements d'intérêt encore peu étudiés.
Dans le Calvados, on retiendra les vallées de la Touques et de la Dives, et occasionnellement, celles de l'Orne et de l'Aure.
D'une manière générale, il faut tout de même noter que la ressource en granulats alluvionnaires ne présente pas une ressource exploitable en grande quantité et à grande échelle en Basse-Normandie.

## ■ Les dépôts marins

D'anciennes plages quaternaires résultant des dernières transgressions marines sont visibles à proximité du littoral dans le Cotentin, d'Auderville à Saint-Vaast-la-Hougue, ainsi qu'au Nord-Ouest de la plaine de Caen, vers Courseulles-sur-Mer. Il s'agit essentiellement de matériaux sablo-graveleux.

## ■ Les sablons

Il s'agit de formations sédimentaires ou de formations superficielles sableuses, utilisables principalement en viabilisation ou en correcteur de courbes granulométriques.

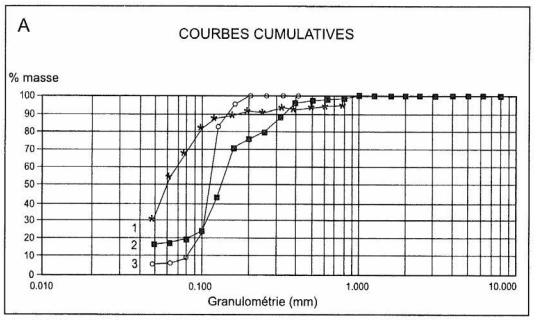
### ➔ Formations les plus exploitées

Les **sables et argiles du Trias supérieur** (Norien, Rhétien) ont été et sont toujours utilisés comme granulats de roche meuble ou comme matériaux pour la céramique et la poterie. Le Trias étant très hétérogène, ses faciès varient latéralement. Ces matériaux sont présents depuis Saint-Vaast-La-Hougue jusqu'à Falaise. Ils sont issus du démantèlement de la chaine hercynienne ;les sables et les galets dérivent donc es formations érodées (grès, conglomérats, quartzites, schistes). Les matériaux triasiques connaissent un changement latéral de faciès entre Bayeux et Mézidon où ils ont été exploités en tant qu'argile à céramique (argiles grise et rouge du Trias). L'épaisseur de cette formation peut varier entre 3 m et 38 m, avec une moyenne à 15 mètres.

Les **sables de Glos** (Oxfordien) sont en majorité des sables quartzeux propres et faciles à exploiter. Ce sont à l'origine des dépôts estuariens à fluviatiles, ce qui explique leur faible étendue spatiale, limitée aux environs de Lisieux. Leur épaisseur moyenne, d'une dizaine de mètres, peut atteindre 30 mètres. Ils sont parfois ravinés par les sables glauconieux de l'Aptien.

Voici un exemple de courbe granulométrique des Sables de Glos :

Illustration 2.7 : courbes cumulatives de différents échantillons de Sables de Glos




La granulométrie indique qu'il s'agit de sables fins (0.02 – 2 mm) pouvant disposer d'un faciès limoneux.

Les **Sables du Perche** (Cénomanien) comportent une faible fraction argileuse. Ils sont présents dans la région de Mortagne-au-Perche. Fins à leur base, ils peuvent être plus graveleux au sommet. Légèrement ferrugineux, ils présentent un faciès blanc en profondeur et rouge ocre en surface, une fois oxydés. Leur épaisseur est comprise entre 20 et 40 mètres.

Les **Sables de Saint-Vigor**, aussi appelés Sables de Bayeux, proviennent d'un dépôt marin pléistocène ayant recouvert le Centre Cotentin et la région de Bayeux. Cette transgression est la dernière à avoir recouvert une grande partie de la bordure littorale de la Basse-Normandie, déposant des sables quartzeux de bonne qualité, utilisables pour la confection du béton et la fonderie. Ces sables sont très bien triés et très propres ; leur teneur en silice dépasse 97% (d'après différentes sources bibliographiques ; 99 % dans le précédent Schéma des carrières), ils apparaissent donc également dans la catégorie des matériaux siliceux pour industrie. Leur épaisseur est d'environ 25 m et ils s'étendent sur une surface réelle plus grande que celle indiquée sur la carte des ressources. En effet, ils sont souvent coiffés par des formations d'épandage quaternaires et par des lœss dont l'épaisseur cumulée peut atteindre 10 mètres. Parmi ces formations, les **épandages quaternaires**, composés de galets, graviers, sables et argiles, ont été classés dans les granulats de roche meuble puisqu'ils peuvent être valorisés également.

Les **sables éoliens** quaternaires, qui, hormis les sables dunaires, sont d'origine périglaciaire, sont fins, quartzeux et très bien classés. Déposés en fond de vallon et en bas de versant, quelque peu démantelés par l'érosion, ils subsistent notamment aujourd'hui dans les vallées et vallons de la côte ouest du sud et centre-Manche mais aussi en campagne de Caen. Cette formation présente des sables bien classés comparables aux Sables de Saint-Vigor. Ils sont cependant plus fins que ces derniers et disposent par ailleurs d'une proportion d'argiles non négligeable. Ils sont donc classés dans les sablons.

Les **dunes** sont présentes sur la presque totalité de la côte ouest et est de la Manche et plus rarement sur les côtes du Calvados. Elles ont été exploitées pour leurs sables de bonne qualité qui peuvent, par endroits, être utilisés en sables siliceux. Une analyse des points BSS recoupant cette formation et disposant de coupes géologiques vérifiées permet d'estimer son épaisseur moyenne à 10 m, avec un maximum de 26 mètres. La taille moyenne des grains est de 330 µm, ce qui les place en limite de définition d'un sablon. Elles sont composées de quartz et feldspaths, mais peuvent également contenir des débris coquilliers. Compte tenu de leur grand intérêt écologique, ces dunes sont protégées et leur exploitation n'est pas souhaitable

### ➔ Formations exploitées de manière anecdotique

Les **Sables de Saint-Fulgent-des-Ormes** (Callovien, épaisseur de 25 à 35 m) sont visibles dans l'Orne, vers Mamers. Ils sont argilo-sableux à la base avec une diminution de la fraction argileuse vers le sommet.
Les Sables et grès de l'Ormoie (Oxfordien, puissance moyenne de 10 m) s'observent près de Mortagne-au-Perche (61). Ils sont présents directement au-dessus des calcaires à Astartes et peuvent présenter quelque bancs gréseux calcaires.

Les **Sables siliceux et glauconieux de l'Aptien et de l'Albien** (glauconie de base) sont des sables quartzeux, bien classés à la base et devenant plus grossiers vers le sommet. Des passées argileuses peuvent s'intercaler entre les dépôts sableux. Ils peuvent être très riches en glauconite, une argile riche en fer, , ce qui limite leur utilisation, surtout en béton. Ce n'est pas toujours le cas cependant, certains faciès en étant assez pauvres. Ils peuvent être utilisés en tout venant pour la viabilisation. Leur épaisseur est de 10 à 12 mètres.

Les **Sables et grès carbonatés de la Trugalle et Lamnay** (Cénomanien inférieur) ont une épaisseur pouvant aller jusqu'à 60 m. Toutefois, leur puissance moyenne dans l'Orne n'est que de 6 mètres. Ils sont composés de sable coquilliers et quartzeux, résultant du démantèlement du Massif armoricain, entrecoupés de bancs de grès calcaires et de faluns. Ces sables sont exploités notamment pour les pistes d'équitation dans la Sarthe. Ils sont appréciés pour leur caractère peu argileux. Cela en fait une ressource originale et spécifique correspondant à un besoin local, les haras et pistes d'équitation étant nombreux à proximité du gisement.

Les **Sables du Maine** (Cénomanien) sont présents près d'Alençon (61). Leur épaisseur est de 8 m au maximum. Ils sont d'origine détritique et reposent sur le massif granitique d'Alençon. C'est un équivalent latéral des Sables du Perche.

Les **Sables et cailloutis** (Eocène à Oligocène, dépôt fluviatile) sont présents notamment dans la région de Domfront mais également en petites extensions dans le domaine mancellien. Ils sont constitués d'un banc de grès sommital de 1 à 2 m d'épaisseur, surmontant un sable graveleux pouvant contenir quelques passées argileuses problématiques pour l'exploitation. L'épaisseur moyenne des sables est de 10 mètres. Ils ont été exploités dans le passé mais semblent difficiles à exploiter aujourd'hui de manière industrielle en raison de leur faible extension, de leur mauvais classement et de leur hétérogénéité.

Les **Sables de la Lande de Millières.** Il s'agit d'une formation d'âge pléistocène subdivisée en deux membres. Le membre inférieur, d'environ 20 m d'épaisseur, est composé de sables quartzeux, moyens à grossiers, à litage oblique et de conglomérats polygéniques. Le membre supérieur (de 2 à 5 m d'épaisseur) est formé de silts argileux et d'argiles tourbeuses. Ce faciès correspond à un système fluviatile de haute énergie, avec des apports gravitaires de cailloutis (membre inférieur) évoluant vers un système fluviatile de type anastomosé (membre supérieur).

Les **Sables des Deux-Jumeaux**. Il s'agit de dépôts quaternaires marins présents vers Grandcamp-Maisy (14). Ils sont composés de sables bien classés, entre 0.2 et 1 mm, comprenant quelques graves à la base et quelques bancs de galets au sommet. Leur épaisseur maximale est de 8 à 10 m vers Maisy.

Le **complexe marin du Bosq-d'Aubigny** est situé dans la région de Marchésieux. Il est constitué d'une alternance de faluns, sables et argiles marneuses. Les sables peuvent contenir des bioclastes calcaires.

Les **sables résiduels indifférenciés** sont présent à 6 km au NE de Thury-Harcourt, au sommet d'une butte boisée. Ils sont propres mais leur étendue est très limitée. Il pourrait s'agir d'une variation latérale de faciès de l'altération des formations sous-jacentes, des silcrêtes étant présentes à proximité.

Certaines **arènes granitiques** pourraient aussi être exploitées en tant que sablons.

## *II - Granulats de roche massive*

Cette ressource est présente en grande quantité en Basse-Normandie. Elle est de fait la plus exploitée, d'une part en raison de sa disponibilité, d'autre part en raison de la qualité des matériaux qui la composent.
Deux grands types de roches massives produisent des granulats en Basse-Normandie : les roches siliceuses et les roches calcaires. Les roches siliceuses se retrouvent préférentiellement à l'Ouest, dans le Massif armoricain, alors que les formations calcaires se trouvent plus à l'Est, en Bassin parisien.

### ■ Méthodes complémentaires d'identification des matériaux

#### ➔ Traitement MNT (Modèle Numérique de Terrain)

Afin de pallier le manque de différenciation de certains bancs ou membres compétents au sein de formations cartographiées sur les cartes géologiques, un travail a été mené à partir du MNT en vue de tenter de diagnostiquer la présence de bancs possédant une meilleure résistance mécanique. Les résultats sont présentés dans la carte des ressources et apparaissent cohérents avec les informations disponibles sur les cartes géologiques et dans leur notice d'accompagnement, mais aussi avec la présence d'exploitations actives ou abandonnées (sur 82 carrières en activité exploitant une roche massive siliceuse en Basse Normandie, 54 se trouvent dans une zone mise en valeur par cette méthode, soit 66%). Les bancs de Grès armoricain au pendage sub-vertical, les différents massifs granitiques et les schistes ardoisiers du Briovérien sont notamment délimités par cette méthode et en valident l'utilisation.

Cette méthode n'apporte rien dans la distinction des formations géologiques distinctement représentées sur les cartes géologiques comme le Grès armoricain, mais permet de faire une subdivision dans les formations occupant de très grandes surfaces et parfois mal décrites dans les cartes géologiques, comme le Briovérien.

Le principe utilisé est basé sur le fait que les roches les plus indurées sont plus résistantes à l'érosion et se différencient par leur altitude plus élevée des roches environnantes, moins résistantes mécaniquement.

Le MNT fourni par la DREAL, au pas de 20 m sur l'ensemble de la Basse-Normandie, est la donnée originelle qui a servi au traitement. A partir de cette donnée, un nouveau MNT ne représentant que les grandes variations de relief a été créé en ré-échantillonnant le MNT 20M. Plusieurs tests ont été réalisés et il s'avère que le calage le plus discriminant amène à reclassifier le MNT en cellules de 4000 m par une méthode du plus proche voisin. Le MNT 4000M a ensuite été soustrait au MNT 20M afin de mettre en valeur les zones ou structures d'altitudes supérieures à la moyenne des terrains environnants.

L'utilisation de cette méthode a ainsi abouti à une différenciation des terrains du Briovérien inférieur et supérieur indifférenciés (b1 et b2) et des siltites ardoisières du Briovérien supérieur (b2S). Il a également conforté le choix de réunir les grès ordoviciens et cambriens (à l'exception du Grès armoricain) au sein de la même unité.

#### ➔ Modèle géologique

Une cartographie des calcaires du Bathonien exploitables a pu être réalisée en utilisant conjointement les données du BRGM et celles de la DREAL. En effet, le BRGM a récemment effectué une modélisation en 3 dimensions de l'aquifère du Bathonien (« Modélisation hydrodynamique des systèmes aquifères de la plaine de Caen et du bassin de la Dives », rapport à paraître en 2013) et la DREAL dispose d'une carte des isopièzes des aquifères de surface, en Basse Normandie. En recoupant les données, il a été possible de créer une carte des calcaires du Bathonien dont l'altitude est supérieure à celle de la nappe phréatique et qui peuvent être exploitables en carrière sans la mise en place d'un système de rabattement de la nappe. Un dernier critère a été ajouté, il s'agit de la profondeur.

## ■ Concassé de roche siliceuse

Les formations retenues comme potentiellement utilisables pour fournir un granulat concassé siliceux sont principalement le Briovérien, les formations présentant des granitoïdes, le Cambrien et l'Ordovicien.
Toutes ces formations, à l'exception des granitoïdes et de quelques formations particulières reconnues localement, possèdent au minimum deux types de faciès : un faciès non métamorphisé et un faciès métamorphisé. Le Briovérien par exemple peut se trouver sous sa forme sédimentaire première (grès ou pélites) ou sous sa forme métamorphisée (cornéennes ou schistes tachetés, mais également schistes ou ardoises).

L'utilisation première des roches massives siliceuses est le granulat. Elles peuvent avoir aussi d'autres utilisations, notamment dans l'industrie du bâtiment pour produire différents types de béton, mais aussi pour la viabilité, dans l'ornementation ou dans la confection de routes et dans le ballast pour les chemins de fer.

### ➔ Les formations sédimentaires

Les formations sédimentaires regroupent les roches issues d'un processus sédimentaire et n'ayant pas ou peu subi de métamorphisme thermique ou mécanique les ayant transformées en cornéennes ou schistes. On retrouve les groupes suivant :

- Briovérien sédimentaire
- Formations du Briovérien sélectionnées pour leur résistance selon le MNT
- Grès cambro-ordoviciens
- Grès armoricain
- Autres grès paléozoïques

#### Briovérien sédimentaire

De par la variété faciologique de ses terrains, le Briovérien a été utilisé dans de nombreux domaines, du granulat concassé à l'empierrement en passant par l'ardoise. On le retrouve depuis Alençon jusqu'à Coutances, recoupant les 3 départements. On peut également l'observer dans le Val-de-Saire. Il est à noter que toutes les roches qui le composent sont diverses (sédimentaires ou non) et intensément déformées. Elles sont aussi très sujettes à l'altération.
De nombreuses carrières ont exploité cette formation de manière artisanale par le passé et quelques-unes le font aujourd'hui sur un mode industriel (exemple : la carrière de la commune de Fresney-le-Puceux). La puissance des formations du Briovérien atteint plusieurs centaines, voire milliers de mètres, il ne sera donc pas fait une estimation quantitative de cette ressource qui présente un volume disponible très important.
Les formations suivantes ont été regroupées dans le thème du Briovérien sédimentaire :

**- Briovérien indifférencié gréseux :**

Ce figuré ne cartographie que le Briovérien inférieur ou supérieur composé de siltites indurées et de grès fins dont la formation est entièrement sédimentaire détritique terrigène.
Il s'agit au départ d'un dépôt de flysch mis en place sous l'action principale de la gravité et qui, par conséquent, varie d'un point de vue granulométrique entre les sables, silts et argiles. Il disose par ailleurs près de Coutances de passées conglomératiques.
En Normandie, la sédimentation terrigène du Briovérien supérieur présente l'organisation d'un flysch, réparti en deux bassins (bassin Nord-Cotentin et bassin Mancelien), de part et d'autre de l'axe Coutance-Saint-Lô.
Depuis la première étude menée par M.-J. Graindor, en 1957, le contexte de formation du Briovérien porte toujours à discussion mais les auteurs s'accordent sur quelques observations communes :

- Le Briovérien supérieur est constitué d'éléments détritiques provenant du Briovérien inférieur (matériaux volcaniques altérés) ;
- la sédimentation est granoclassée avec un passage progressif, de bas en haut des bancs, des arénites aux siltites, se traduisant par un passage progressif des grauwackes aux grès et des grès aux schistes ;
- Le faciès actuel, très déformé, rend sa différenciation compliquée, les polarités étant parfois difficile à déterminer compte tenu de la schistosité.

Les grauwackes comportent une forte partie matricielle, quartzo-argileuse très fine (granulométrie < 30 µm).

Cette sédimentation a formé des bancs de grès hétérogènes pouvant être très compacts lorsqu'ils viennent des arénites ou facilement altérables lorsqu'ils viennent de la siltite. La formation a été soumise aux déformations induites par deux orogenèses (cadomienne puis hercynienne), ce qui a eu pour effet de la fracturer (fragiliser) ou de la métamorphiser (consolider). Il faut toutefois noter que la fracturation du Briovérien s'atténue en direction du sud-est.

**- Phtanites**

Ce sont des roches siliceuses et carbonées très résistantes, de couleur noire, parsemées de veinules de quartz. Elles sont composées à plus de 92 % de silice. La couleur noire est due à la présence de cristaux charbonneux, cette caractéristique place les phtanites d'abord dans la catégorie des roches ornementales.

### Briovérien induré

Comme il a été expliqué précédemment, le traitement du MNT a permis de différencier des zones du Briovérien se démarquant par leur relief plus élevé des formations environnantes.
L'appellation « Briovérien induré » met en avant des parties des formations du Briovérien inférieur et supérieur indifférencié et du Briovérien supérieur schisteux qui, par le traitement MNT et bien que non décrites dans les cartes géologiques, semblent présenter des caractéristiques mécaniques supérieures au reste du Briovérien. Cela semble confirmé par le nombre plus important de carrières qui s'y trouvent recensées. Cette information est figurée sur la carte des ressources.

### Grès cambro-ordoviciens et autres grès paléozoïques

Les grès du Cambrien ont été regroupés avec les grès de l'Ordovicien puisqu'ils partagent la même utilisation en concassé de roche massive en raison de leurs caractéristiques similaires. Leur puissance cumulée peut atteindre 100 à 160 mètres. Seul le Grès armoricain a été différencié car présentant une très bonne qualité, faisant de lui une ressource spécifique locale permettant de répondre à des demandes particulières (qualité du matériau ; taux de silice…).
Ils sont composés de conglomérats / poudingues (arkoses et conglomérats de la base du Cambrien) ou de grès (grès feldspathiques, Grès de May…). Les conglomérats sont des roches hétérogènes et hétérométriques, pouvant le rester même après concassage. Elles possèdent cependant une résistance mécanique élevée. Les grès cambro-ordoviciens sont de relativement bonne qualité. Leur dureté peut être atténuée par la présence des feldspaths ou de muscovite. Les grès se débitent en banc.

On retrouve dans ce figuré les formations suivantes :

- conglomérat et brèches d'Ecouve-Multonnes,
- la formation de la Riffaudais,
- les Phyllades à blaviérite,
- la série sédimentaire de Saint-Germain-le-Gaillard,
- les Grès verts de Hyenville,
- le Conglomérat de Pont-Brocard,
- les grès indifférenciés du Cambrien ou de l'Ordovicien comprenant les Poudingues pourprés du Cambrien, les Grès de Caumont, les Grès de Lessay et les Grès de May,
- la série compréhensive gréso-ampélitique.

Autres grès paléozoïques :

- les Grès du Robillard
- les Grès à Platyorthis monnieri.

### Grès armoricain

D'une puissance de 25 à 150 m, le Grès armoricain constitue des barres modelant le paysage. Il s'agit d'un grès quartzique, siliceux, massif, extrêmement dur et sans grains apparents. Il a été exploité comme pierre de construction en de nombreux endroits mais constitue aussi un matériau de choix pour la production de granulat de haute résistance mécanique. Comme indiqué ci-dessus, cela fait de lui une ressource spécifique qui peut répondre à des demandes particulières en termes de qualité de matériau.

## ➔ Formations métamorphiques

Ces roches peuvent être d'origine sédimentaire ou volcanique. Elles ont toutes subi un métamorphisme (transformation des roches sous l'effet d'une augmentation de température et/ou de pression) qui a modifié leur structure. Elles sont en cela plus compactes et plus résistantes dans la plupart des cas. On les retrouve au sein des ensembles suivants :

### Schistes protérozoïques et paléozoïques

Parmi les terrains protérozoïques sélectionnés, on trouve les **siltites ardoisières du Briovérien supérieur** qui sont fortement hétérogènes. En effet, la schistosité provient toujours d'une contrainte appliquée à une roche. Cette contrainte peut avoir deux effets antagonistes, l'un consolide les sédiments et leur permet de fournir un concassé de très bonne qualité, l'autre les fragilise en les fracturant, facilitant le délitage de la roche sous l'effet de l'altération. Lorsque les deux effets s'équilibrent, il est possible de trouver des roches utilisables pour la confection de tuiles ou d'ardoises naturelles. L'implantation d'une carrière dans ces terrains devra faire l'objet d'une étude poussée nécessaire à spécifier l'homogénéité du gisement.
Les terrains paléozoïques schisteux regroupent quant à eux les formations suivantes :
- Les Schistes rouges de Saint-Remy,
- Les schistes du Cambrien et de l'Ordovicien indifférenciés, comprenant les pélites du Cambr ien, les Schistes de Gouvix (ou pélites violacées) et les Schistes d'Urville.
Les grès et pélites violacées (80 m d'épaisseur moyenne) sont également définis sous l'appellation « Schistes violacés de Gouvix » dans la carte de Condé-sur-Noireau. Un faciès de grès arkose, correspondant à une alternance schisto-gréseuse dans les schistes de Gouvix, a été exploité comme pierre de construction dans la région de Condé-sur-Noireau.

### Cornéennes protérozoïques et paléozoïques

**- Formation du Briovérien métamorphisé**

On peut observer 2 zones dans les auréoles de métamorphisme du Briovérien, au contact des granitoïdes.
La première partie de l'auréole, la plus éloignée du pluton, est constituée par des schistes tachetés dont les « taches » sont composées de chlorite et de cordiérite. Ces roches sont en général très altérées et peuvent présenter des faciès riches en pyrite.
La zone en contact direct avec le pluton est constituée de cornéennes, roches indurées très résistantes ayant de très bonnes caractéristiques mécaniques dans le cadre d'exploitations de granulats. Ces deux types de roches métamorphiques ont aussi été utilisés comme pierre à bâtir et on les retrouve dans de nombreuses constructions anciennes.

**- Auréole de métamorphisme du granite de Flamanville**

La mise en place du granite de Flamanville (orogenèse hercynienne) dans le Nord Cotentin a conduit à la formation d'une auréole de métamorphisme dans les séries du Cambrien, de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien. Ce métamorphisme affecte :

- les ampélites siluriennes,
- les Schistes et calcaires du Néhou,
- la formation des conglomérats et grès pourprés,
- les schistes et grès cambriens indifférenciés,
- les Schistes d'Urville,
- le Grès de May et les Schistes du Pont de Caen,
- le Grès armoricain.

Les caractéristiques mécaniques de ces roches métamorphiques sont disponibles en annexe. Elles disposent d'une très bonne résistance mécanique pouvant dépasser celle du granite lui-même.
Les granites de Barfleur et d'Alençon disposent également d'une auréole de métamorphisme intéressant des terrains paléozoïques mais d'extension beaucoup plus limitée à l'affleurement que celle du granite de Flamanville.

### Roches magmatiques et volcaniques métamorphisées

**- Briovérien**

Le long de l'axe Coutances – Saint-Lô, certaines roches volcaniques ont été métamorphisées lors de la mise en place du massif de Coutances. On y retrouve les formations suivantes :

- Métabasalte de la Terrette,
- Métamorphites du granite de Coutances,
- Métavolcanites de Montsurvent.

Ces roches proviennent de la transformation par métamorphisme des volcanites et sédiments du Briovérien inférieur que le massif de Coutances a métamorphisés. On trouve des métarhyolites, métadacites, métatuffites, métabasites (du plus plus acide au plus basique). Ces roches peuvent avoir subi deux types de métamorphisme : le métamorphisme de contact avec l'intrusion du massif de Coutances, mais aussi un métamorphisme régional, leur conférant un faciès amphibolitique et gneissique.

**- Paléozoïque ou indéterminé**

Les formations concernées sont les **micaschistes, chloritoschistes, séricitoschistes, gneiss** et la **métatonalite de l'anse du Moulinet** dans le nord Cotentin ainsi que les **ignimbrites métamorphisées** par le massif d'Alençon dans l'IOrne.

## ➔ Formations plutoniques

Les roches plutoniques sont des roches magmatiques cristallisées en profondeur. Elles forment, en Basse-Normandie, des massifs granitiques, granodioritiques ou dioritiques dont la composition chimique et la minéralogie peuvent influer sur la résistance mécanique et la sensibilité à l'altération. Pour cette raison, le présent rapport s'attache à donner pour le maximum de formations « granitiques » le taux de silice et de quartz en tant qu'indicateur de la « qualité » potentielle du gisement. Les deux groupes suivants ont donc été différenciés :

- Granites riches en silice (Leucogranites …),
- Autres granites (granites basiques ou indifférenciés, Monzogranite …).

Traditionnellement, le « granite » était extrait en tant que matériau d'empierrement, pierre à bâtir, dallages, fabrication de pavé, bordures de trottoir et pierre funéraire.
Aujourd'hui, l'utilisation dominante est le granulat.

Dans la plupart des cas, il a été observé une altération plus poussée du « granite » par rapport à son encaissant immédiat, cornéifié. Les massifs granitiques sont donc ceinturés des reliefs de cornéennes mais ils offrent entre ces reliefs des espaces vallonnés, voire de plateau. Ainsi, ils dessinent en quelque sorte des « fonds de gouttière », favorisant l'altération météorique mais limitant l'érosion. L'union de ces deux facteurs amène en général la présence d'une épaisse couche d'altérites en surface, rendant la roche saine difficile d'accès et peu visible. Ces altérites prennent souvent la forme d'une arène plus ou moins argileuse, recouverte de limons. L'analyse de données BSS donne des épaisseurs moyennes d'altérites très hétérogènes selon les massifs granitiques. En effet, cette moyenne peut varier de quelques décimètres à plus de 70 mètres. A titre indicatif, sur 57 logs validés en BSS recoupant un massif granitique, les 2/3 annoncent un granite sain entre 1 et 10 m et seulement 9 forages atteignent le granite au-delà de 20 m d'altérites. Cette altération étant hétérogène et souvent liée à la fracturation, il n'a pas été possible d'en circonscrire la logique de distribution spatiale, même si les leucogranites semblent plus touchés. Lle nombre de données est toutefois très faible pour vérifier ce fait. L'intense fracturation des leucogranites favorise toutefois l'altération.

Dans leur ensemble, les granites mancelliens constituent une ressource de granulat très importante mais de qualité moyenne. Il faudra s'appliquer à sélectionner un granite sain et massif pour en faire un granulat aux bonnes caractéristiques mécaniques. L'utilisation en enrochement est également possible.

Ces granites peuvent aussi être utilisés en tant que roche ornementale. Ce point est développé dans le chapitre correspondant du rapport.

De même que pour les terrains du Briovérien, la puissance de cette formation peut atteindre plusieurs centaines de mètres et aucun calcul quantitatif n'est possible ni utile.

### Granites riches en silice (Si > 70 %)

- La **trondhjémite du massif de Coutances**. Il s'agit d'un faciès de bordure clair à grain moyen localisé dans la partie Sud de l'intrusion (73% de silice, dont 32.5% de quartz). Elle est un peu plus résistante que la tonalite de Coutances et forme des « bancs » qui ont été exploités autrefois pour la construction.
- Le **Granite porphyroïde des iles Chausey** appartient à l'ensemble des plutons fini-cadomiens de la Mancellia (31.5 % de quartz, 70 % de silice). Il est injecté centralement dans le massif granodioritique des iles Chausey.

- **Les Leucogranites :**

De teneur en silice toujours supérieure à 70%, les leucogranites sont présents en petits massifs plutoniques de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de diamètre. D'une manière générale, il faudra noter que les leucogranites sont fortement soumis à la fracturation, et donc potentiellement plus altérés. On peut distinguer :

- Le **granite du Calenfrier**, petite intrusion leucocrate située à la pointe de la Hague. Il traverse le granite d'Auderville et montre des signes d'écrasements, ce qui le différencie du granite de Flamanville,
- Les **Leucogranites aplitiques et tardi-cadomiens** (comprend les leucogranites du Mont-Saint-Michel, le Mont Cerisy et la Cléroterie, granite rose à grain fin dont la teneur en silice atteint 78%),
- **Leucogranite d'Alençon**.

### Autres granites

- Le **granite de Flamanville** est un diapirdont la composition monzogranitique ne lui permet pas d'être classé dans les granodiorites, de même que les granites de Barfleur, Fermanville, Auderville, Thiébot et Saint-Vaast.
- Les **massifs mancelliens** mis en place durant l'orogenèse cadomienne sont des granodiorites à biotite et cordiérite. Elles contiennent entre 27.8 et 33.3 % de quartz et leur taux de silice est compris entre 65.3% et 68.6%. Cette formation regroupe les massifs granitiques de Vire (granite mancellien de référence), Avranches, Athis et la Ferté-Macé.
- Le massif granitique d'Avranches possède une morphologie variable. En effet, l'épaisseur de sa couche d'altération est réduite à l'ouest, où il présente les plus forts reliefs, et très épaisse à l'est (jusqu'à 20 m d'altérites), ce qui réduit les possibilités d'exploitation de la roche saine.
- Les petits massifs de **granite à biotite et muscovite** sont compris dans les massifs granodioritique à biotite et cordiérite. Leur composition ne diffère pas beaucoup mais la taille des grains apparait plus petite.
- **Granites écrasés, orthogneiss, migmatite et gneiss** sont situés au NO de Cherbourg-Octeville ; ils sont en contact avec le granite calco-alcalin de Gréville.
- La **diorite quartzique à hornblende verte** (Tonalite) qui représente en volume la plus grande partie du massif de Coutances (60% de silice, dont 21% de quartz). La forte déformation des roches a rendu la tonalite très sensible à l'altération et la roche cohérente est recouverte d'une épaisseur d'altérites de 2 à 5m en moyenne sur un horizon fissuré important.
- **Les microgranites indifférenciés** sont des intrusions granitiques. On en trouve dans le granite de Flamanville et autour du granite de la Ferté-Macé.

## ➔ Formations volcaniques

Les roches volcaniques sont des roches magmatiques cristallisées en surface dont la vitesse de refroidissement importante n'a pas permis la formation de roches grenues. Les principales d'entre elles ont été émises au cours de deux périodes : le Briovérien inférieur et le Cambrien.
Durant le Briovérien inférieur, les volcanites sont plutôt basiques puisque émises dans un contexte orogénique calco-alcalin. Les volcanites cambriennes s'inscrivent dans un processus post-orogénique et contiennent en majorité des ignimbrites et rhyolites.

Ces formations sont classées selon leur teneur en silice :

### Volcanites acides (Si > 65 %) et roches volcano-sédimentaires associées

Cet ensemble contient les dacites et rhyolites ainsi que les tufs et les cinérites associés. Elle regroupe également des laves basiques qu'il a été difficile de différencier des roches acides qui les accompagnent :
Formation de Montsurvent (Briovérien) : on rencontre des basaltes, andésites basaltiques, dacites et rhyolites. (voir le tableau d'analyse chimique en annexe) Dans l'ensemble, la formation montre une forte altération. On pourra retenir deux types de paléovolcanites : les roches basiques ou intermédiaires (basalte, andésites) et acides (dacites avec environ 68% de silice ou rhyolite avec 76% de silice en moyenne),
Ignimbrites d'Ecouves-Multonne (Cambrien),
Tufs et cinérites d'Ecouves-Multonne (Cambrien),
Volcanites indifférenciées d'Ecouves-Multonne (Cambrien),
Rhyolites ignimbritiques d'Ecouves-Multonne (Cambrien),
Complexe ignimbritique de Saint-Germain-le-Gaillard (Cambrien),
Rhyolites de Grosville (Cambrien),
Laves acides d'âge indéterminé.

### Volcanites basiques (Si < 52%)

Sont regroupés ici les basaltes, andésites basaltiques et andésites suivants :
Spilites de Vassy (tholéiite, Briovérien) ;
Formation de la Terrette (Briovérien), constituée de paléobasaltes à débit en coussin. On note une teneur en silice de 48% en moyenne, une pauvreté en alcalins et une richesse relative en ferro-magnésiens ;
Trachy-andésites et basaltes à olivine.

## ➔ Autres

D'autres roches disposent de caractéristiques particulières en raison de leur teneur en silice élevée ou de la façon dont elles se sont formées. C'est le cas notamment de certains filons qui, s'étant refroidis relativement rapidement lors de leur genèse, dispose d'une granulométrie très fine qui en fait des roches dures intéressantes.

### Filons

**- Filons de quartz**

Ils sont également présents dans les matériaux de silice pour l'industrie. Les filons présentent des tailles très variées. A ce titre, seuls les filons les plus importants et donc pouvant faire l'objet d'exploitation industrielle ont été sélectionnés. Le principal obstacle à leur exploitation, à l'échelle industrielle, est leur caractère fracturé et leur incorporation dans les terrains environnants. On les retrouve à proximité des grands massifs granitiques.

**- Filons doléritiques**

Ils ont été activement exploités auparavant pour leurs très bonnes caractéristiques mécaniques. L'essentiel d'entre eux se situent dans les massifs granitiques de Basse-Normandie, surtout dans le domaine Mancellien mais aussi dans la Hague.

**- Filons de lamprophyre**

Assez rares en Basse-Normandie, ils recoupent les terrains du Briovérien et du Paléozoïque. Aucune trace d'exploitation n'a été relevée. Ces filons sont très altérés et se présentent le plus souvent sous la forme de blocs épars. Cette information n'est donc qu'indicative.

### Autres formations siliceuses

- **Poudingues et arkoses du Trias**, qui sont des roches indurées par silicification, exploitées encore aujourd'hui dans une carrière près de Barfleur.
- **Les Grès de Saint-Opportune** (Jurassique inférieur) qui ont été exploités de manière artisanale. Ils proviennent du démantèlement du socle armoricain au cours du Trias. Les bancs gréseux s'intercalent dans des passées sablo-argileuses. La formation est peu épaisse : 1 à 3 mètres.

## ■ Concassé de roche calcaire

La grande majorité des calcaires présents en Basse-Normandie se situent en Bassin parisien. On les retrouve essentiellement dans la partie est du Calvados et de l'Orne. Les roches massives calcaires ont été principalement formées au cours des transgressions du Jurassique et du Crétacé supérieur.

On trouve néanmoins quelques dépôts calcaires paléozoïques et protérozoïques. Les plus vieux dépôts calcaires sont les Calcaires de la Meauffe, d'âge supposé briovérien. Il s'agit de calcaires noirs, durs, ayant été exploités comme pierre à chaux ou pierre de taille.

Il est à noter que les Calcaires de la Meauffe et de Lestre n'apparaissent pas sur la carte des ressources. Ils sont en effet fortement altérés ou présents en trop petites quantités.

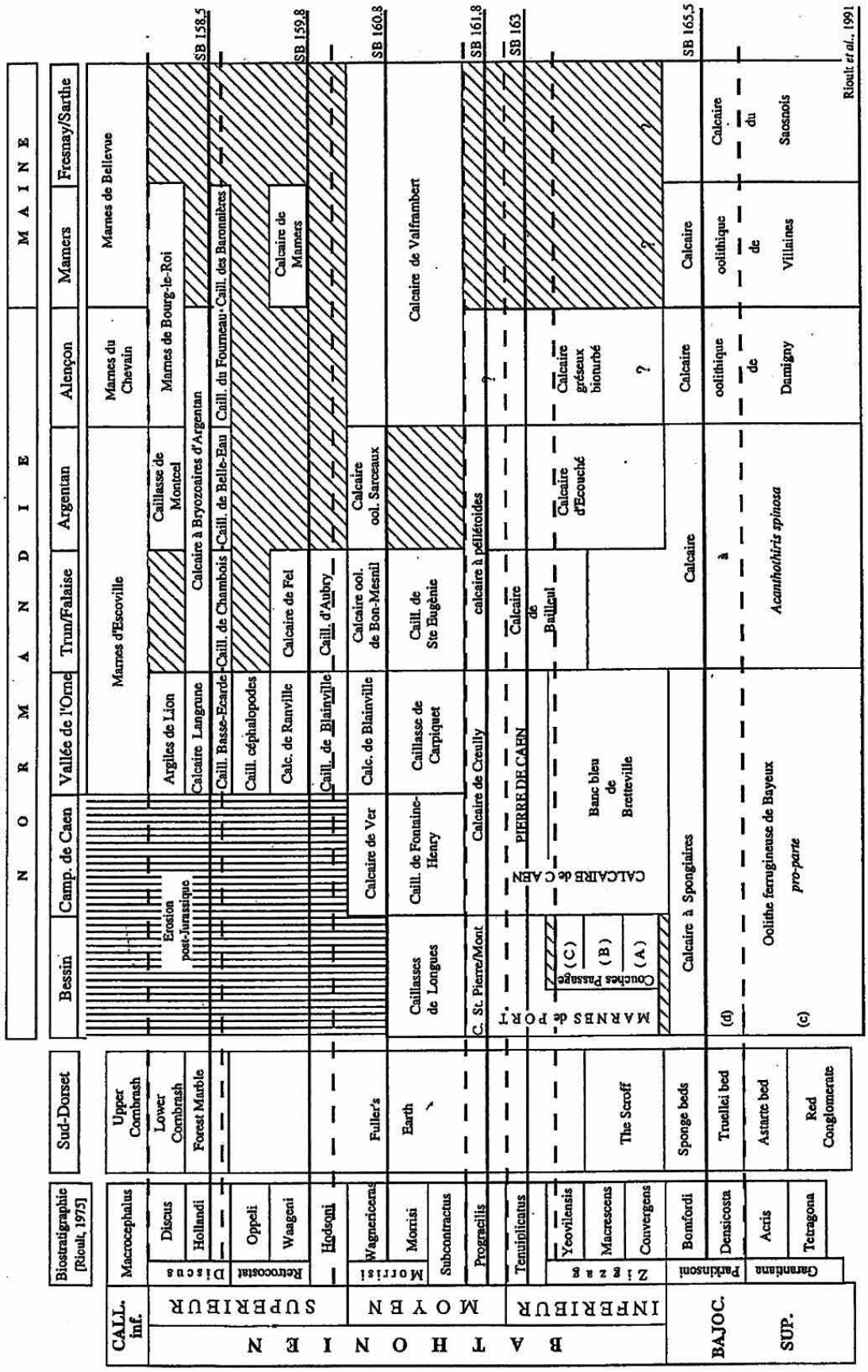
### ➔ Bajocien-Bathonien

On distinguera trois groupes différenciant les calcaires bajo-bathoniens :

- Bajocien / Bathonien Inférieur : Calcaire d'Ecouché, de Sarceaux, de Caen, de Bailleul, de Fresné-la-Mère, la Malière et les calcaires indurés indifférenciés du Bajocien.
- Bathonien moyen : Calcaire de Valfrembert, de Rouvre, de Creully et de Saint-Pierre-du-Mont.
- Bathonien supérieur : Calcaire de Langrune, d'Argentan ou de Chambois, Calcaire de Fel, Calcaire de Ranville, calcaire à nérinées et à bryozoaires, calcaires du Bathonien supérieur indifférenciés.

D'une manière générale, il n'est pas possible de définir précisément aujourd'hui le taux de carbonate dans ces bancs calcaires. Cette information, si elle est nécessaire, devra être renseignée lors d'études de faisabilité des projets d'exploitation. Toutefois, plus on va vers le sud, plus les bancs s'enrichissent en calcaire. Au contraire, ils sont plus marneux vers l'est et le nord.

Illustration 2.8 : Tableau de corrélation des niveaux du Bathonien en Normandie (Rioult et al., 1991).



### Bajocien-Bathonien inférieur

**Malière** : Calcaire micritique dur, gris beige à gris-bleu, à mince lit de silex, qui marque la limite inférieure du Bajocien. La Malière est décrite depuis le Bessin jusqu'à la région de Villers-Bocage, son épaisseur variant entre 10 m au Nord (Bessin) et 8 m au Sud (Villers-Bocage). Elle disparait à proximité des écueils paléozoïques.

**Calcaires indurés indifférenciés du Bajocien** : il contient des calcaires oolithiques, bioclastiques, à spongiaires.

**Calcaire de Caen** : Pour les auteurs (Rioult, Fily, Dugué notamment), la base du Calcaire de Caen, plus marneuse, appartient au Bathonien inférieur tandis que son sommet est Bathonien moyen. Il s'agit d'un calcaire micritique (grain fin), constitué d'une alternance de bancs calcaires plus ou moins réguliers et séparés par de petits bancs plus argileux ; il peut dépasser 20 m d'épaisseur. La BSS donne une épaisseur moyenne de 18 m. Dans sa partie supérieure, le Calcaire de Caen contient une unité de 6 à 8 m d'épaisseur connue sous le nom de « Pierre de Caen ». Dans l'ensemble, le calcaire de Caen est essentiellement biomicritique et sa teneur en carbonate est élevée (environ 90%).

**Calcaire de Bailleul ou de Fresné-la-Mère** : Il s'agit d'un calcaire à grain fin, sa teneur en carbonate est de 95 à 99 %. On le trouve principalement dans la région de Falaise.

**Calcaire d'Ecouché** : le Calcaire d'Ecouché est un calcaire bioclastique à grain fin et silex. Il est le prolongement latéral du Calcaire de Caen dans la région d'Argentan, avec des caractères lithologiques semblables. Son épaisseur moyenne est de 8 à 10 mètres.

### Bathonien moyen

**Calcaire de Creully, de Rouvres et de Saint-Pierre-du-Mont** : d'une épaisseur de 12 à 15 m, le Calcaire de Creully marque la limite supérieure du Calcaire de Caen. Il est également très résistant et sa teneur en CaCO3 avoisine 90%. Il fut lui aussi exploité comme pierre de taille dans la région de Caen et le demeure actuellement. Le Calcaire de Rouvres et celui de Saint-Pierre-du-Mont sont les prolongements latéraux du Calcaire de Creully dans la région de Falaise (Rouvres) ou dans le Bessin (Saint-Pierre-du-Mont).

**Calcaire de Valframbert** : il s'agit d'un calcaire sublithographique (à grain très fin) assez dur, avec quelques passées plus tendres, marneuses. Son épaisseur est de 10 à 20 mètres. Il se compose d'une superposition de bancs calcaires de 0.4 à 1 m d'épaisseur, généralement indurés vers le sommet.

**Calcaire de Sarceaux** : c'est un calcaire à pellétoïdes et oolithes qui peut comporter quelques graviers siliceux dans sa partie supérieure. La puissance de la formation est de 25 à 35 mètres.

### Bathonien supérieur

**Calcaire de Fel** : calcaire beige, grenu, bioclastique et dont l'épaisseur varie entre 12 et 20 mètres. Il peut présenter un faciès très grossier. Ce calcaire, qui durcit à l'air, est souvent cartographié dans les calcaires indifférenciés du Bathonien supérieur.

**Calcaire de Ranville** : présent de Caen à Falaise, il s'agit d'un calcaire fin bioclastique à débit en plaquettes. Il est l'équivalent latéral du Calcaire de Fel et dispose d'une puissance comprise entre 5 et 12 mètres.

**Calcaire à nérinées et à bryozoaires** : ce calcaire micritique ou bioclastique est présent dans la région entre Alençon et Sées.

**Calcaire de Langrune** : calcaire bioclastique et oolithique présent entre Langrune et Lion-sur-Mer et qui contient jusqu'à 90 % de carbonates.

**Calcaire d'Argentan ou de Chambois** : il s'agit d'un faciès latéral du Calcaire de Langrune, dans la région d'Argentan. C'est un calcaire bioclastique. Son épaisseur varie entre 7 et 10 mètres.

Comme il a été expliqué plus haut, une cartographie des calcaires bathoniens exploitables sous des terrains plus récents ou d'altération a été réalisée. Leur surface cumulée est de 224.38 km², à laquelle il faut soustraire 0,18 km² de surface déjà exploitée et 10,95 km² de surface urbanisée. Cette cartographie ne permet pas de localiser la Pierre de Caen ou d'autres calcaires en particulier, mais seulement de différencier la partie calcaire de la partie marneuse.

### ➔ Calcaires paléozoïques

Les **formations calcaires indifférenciées du Paléozoïque** regroupent des calcaires intercalés dans des formations détritiques, leur conférant souvent des couleurs sombres :

- calcaires de Clécy et de Laize-la-Ville. Ce sont des calcaires magnésiens, dénommés dans le passé marbre de Laize puisque utilisés en tant que pierre ornementale. Ils contiennent de 7 à 12 % de MgCO3 ;
- Calcaire à Rosnaiella qui est un calcaire algaire ;
- Calcaire de Beaucoudray ;
- Calcaires de Champrépus. Ces calcaires, oolithiques, ont été utilisés pour la fabrication de chaux. Ils peuvent présenter un intérêt dans l'industrie du granulat concassé ;
- Calcaires de Néhou (Dévonien). Ces calcaires à stromatolithes sont intercalés dans des niveaux schisteux. La puissance totale de la formation des Schistes et calcaires de Néhou est de l'ordre de 400 mètres.

### ➔ Autres calcaires

#### Autres calcaires mésozoïques

Le calcaire Hettangien de la région de Baupte, Valognes et Osmanville, communément appelé **calcaire de Baupte**, est présent entre Valognes-Bricquebec et Carentan. Ce calcaire dolomitique du Jurassique inférieur, abrite le marbre d'Yvetot (Yvetot-Bocage) dans sa partie sommitale. Sa puissance est de 25 m dans la région de Carentan.

**Le Calcaire à gryphées du Sinémurien**. Les **calcaires à *Gryphaea arcuata*** sont présents dans le Bessin ainsi que dans la région de Sainte-Mère-Eglise, sur une épaisseur de 10 à 15 mètres (puissance totale de la couche et pas uniquement des bancs calcaires). Ils sont composés d'une alternance de bancs calcaires et argileux/marneux. Ils contiennent notamment plusieurs formations bien connues des carriers, bise et castine, pour les moellons qu'ils fournissent.

Les **marnes et calcaires à bélemnites**, d'âge pliensbachien. Cette formation est présente depuis Sainte-Mère-Eglise jusqu'à Ecouché. Elle contient dans sa partie sommitale le banc de « Roc », appelé ainsi par les carriers pour désigner un banc calcaire de 0.8 à 2 m d'épaisseur, sombre et très résistant. Les bancs sous-jacents possèdent une résistance moindre mais a priori suffisante en terme d'exploitabilité. Il est à noter que les bancs de marnes peuvent atteindre 1 m d'épaisseur.

Les **calcaires indifférenciés de l'Oxfordien** sont présents depuis Villers-sur-Mer, Trouville-sur-Mer, Bénerville jusqu'à Mortagne-au-Perche. Ils contiennent :

- des calcaires oolithiques ;
- des calcaires récifaux, formant localement des massifs (Bénerville, Lisieux, Mont Canisy et Bellême). Ils sont composés essentiellement par des fossiles de  polypiers cimentés par une matrice finement calcaire;
- les Calcaires à astartes. Gris à beige, ces calcaires sublithographiques sont très durs. Ils présentent une épaisseur moyenne de 5 à 10 m mais qui atteint 30 m, 10 km à l'est de Gacé.

**L'arkose d'Alençon** est un grès coquillier à grain siliceux et à ciment calcaire. La cimentation n'est pas homogène sur toute la hauteur de l'arkose. Celle-ci s'intercale donc parfois au sein des sables et graviers de Tessé (Aalénien). Ces sables, peu argileux, possèdent des débris carbonatés. L'ensemble propose une épaisseur de 11 à 12 mètres.

Le **Calcaire à baculites** (Maastrichtien, Crétacé supérieur) est présent dans la région de Sainte-Mère-Eglise. Il s'agit d'un calcaire lithographique blanchâtre à rosé, de 2 à 3 m d'épaisseur.

### Calcaires cénozoïques

**Calcaire de Fresville, d'âge lutétien**, d'une épaisseur comprise entre 10 et 20 m. Ce calcaire affleure dans le Cotentin, entre Sainte-Mère-Eglise et Bricquebec. Il y fut exploité en tant que pierre de taille.

**Calcaires à bryozoaires du Miocène**. Marqué notamment par la formation des faluns du Bléhou, on les trouve notamment dans les bassins de Sainteny et Marchésieux. Cette formation pouvant faire plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur (jusque 80 m à proximité de Sainteny) est de teinte claire et très riche en carbonate de calcium. Autrefois très exploitée en pierre de taille, on la trouve de ce fait très rarement aujourd'hui à l'affleurement.

**Faluns de Saint-Georges-de-Bohon, du Pliocène**. Il s'agit de faluns grossiers, présent sur 10 à 20 m d'épaisseur dans la région de Sainteny. Cette formation semble toutefois présenter des caractéristiques mécaniques assez pauvres.

**Tufs de sources quaternaires**. Ces roches sont notamment présentes sur la commune de Reviers, près de Courseulles-sur-Mer, ainsi qu'à l'Est de Courtomer. Leur extension est très limitée aussi ils ne peuvent prétendre à être exploitées de manière industrielle. Ils ont fourni une pierre de taille dans le passé.

## ■ Les co-produits de carrière

L'exploitation d'un massif de roches dures pour la fabrication de granulats engendre nécessairement la production de matériaux de moindre qualité plus difficilement valorisables. Il s'agit soit de matériaux altérés, soit de matériaux plus fins issus du concassage et du criblage.

La profession fait état d'une augmentation des stocks de co-produits de carrière (sables, GNT, tout-venant) tandis que la production globale a légèrement diminué ces dernières années. Plusieurs facteurs peuvent l'expliquer : évolution des techniques et des choix en matériaux concernant les chaussées et augmentation du traitement des matériaux de déblai. On constate aussi, par endroits, une surconsommation de matériaux de qualité.

Les excédents de carrière dépasseraient aujourd'hui 10% de la production de granulats. Il s'agit essentiellement de sables (2/3) et de gravillons (1/3).

L'utilisation de ces matériaux à bon escient permettrait de réduire les excédents de carrière d'une part, et de réduire les coûts de certains chantiers d'autre part. Cela nécessite peut être une révision de certains cahiers des charges qui demandent souvent des matériaux de grande qualité, entraînant parfois une sur-qualité par rapport à l'usage de l'ouvrage.

## III - Sablons pour viabilisation et correcteur de courbes

Le terme de « sablons » s'applique à des sables quartzeux moins purs que les sables industriels. Ils sont alors utilisés pour la viabilisation, le remblai, la sous-couche routière, etc… Ils servent aussi de correcteurs de courbes notamment dans l'utilisation de concassés de roche massive pour la fabrication de bétons.

Les formations suivantes sont susceptibles de fournir ce type de sablons :

- **Sables de Glos (Oxfordien),**
- **Sables de Saint-Vigor (Quaternaire),**
- **Dune (Quaternaire),**
- **Sables éoliens (Quaternaire),**
- **Sables siliceux et glauconieux de l'Aptien et de l'Albien.**
- **Ces formations ont été décrites dans les granulats de roche meuble.**

## IV - Matériaux pour ornement, pierre de taille, moellons et empierrement

On retrouve dans cette catégorie des roches calcaires ou siliceuses connues comme ressource en pierre d'ornement ou pierre taille. Il s'agit de matériaux qui ont déjà été décrits dans le chapitre concernant les concassés de roche massive.

### ■ Les roches calcaires

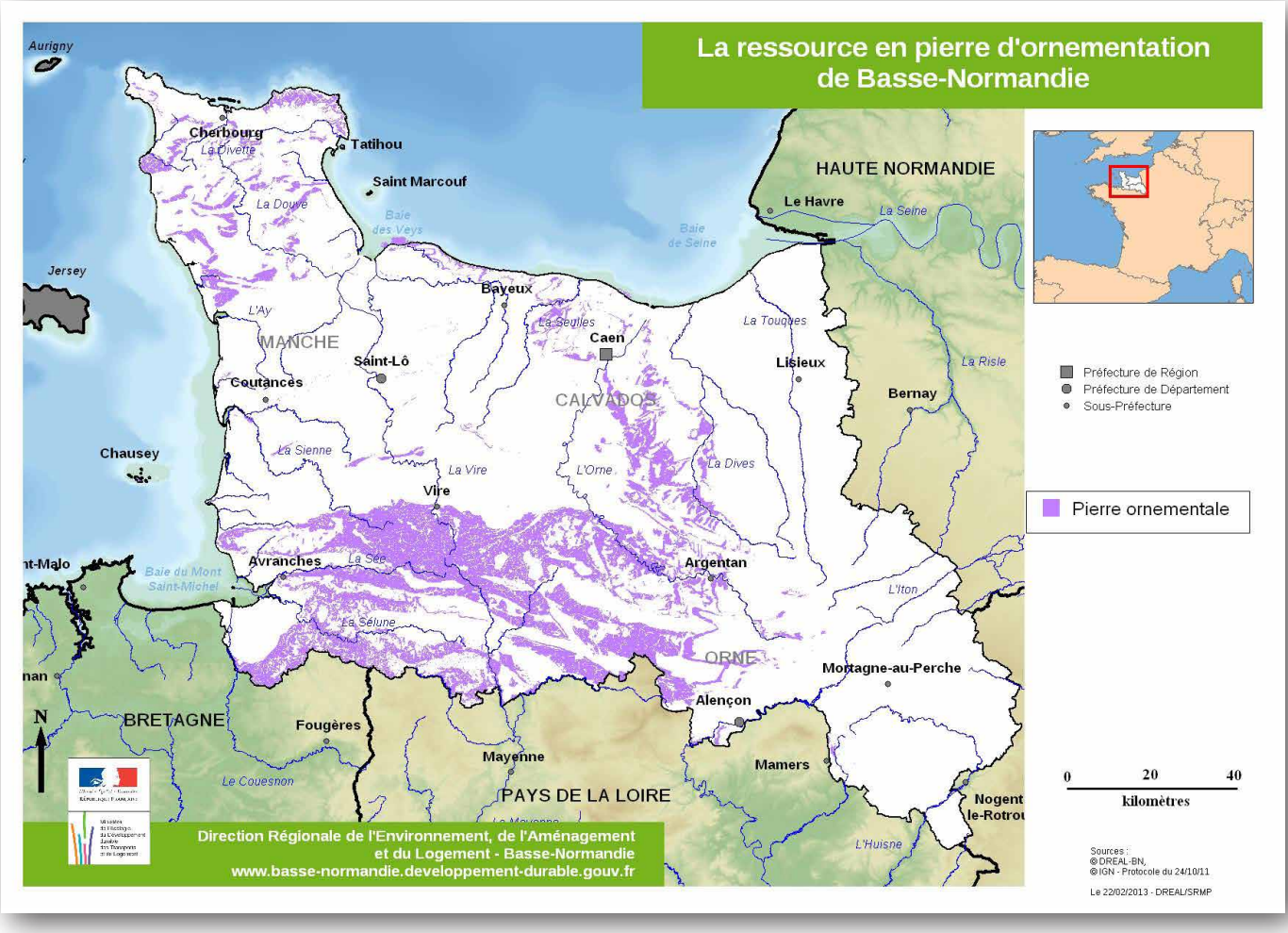
- Calcaire de Caen ;
- Calcaire de Rouvres, de Creully ou de Saint-Pierre-du-Mont ;
- Calcaire de Fel ;
- Calcaire d'Ecouché et Calcaire de Sarceaux ;
- Calcaire de Valframbert ;
- Calcaire de Langrune, d'Argentan ou de Chambois ;
- Calcaire de Fresville, d'âge lutétien.

Parmi ces matériaux, la Pierre de Caen dispose d'une place à part puisqu'il s'agit d'une pierre possédant à la fois des qualités mécaniques et esthétiques indéniables. Son exportation s'est mise en œuvre dès le Moyen-Age, en France ou à l'étranger. De nombreux monuments en sont pourvus à travers le monde, en Grande Bretagne notamment (cathédrale de Westminster, Buckingham Palace, Tour de Londres...) mais aussi aux Etats-Unis (Grandstation de New-York, cathédrale d'Honolulu), au Canada, aux Bahamas... Elle conserve une forte valeur économique dans le cadre de la restauration de bâtiments historiques en France et à travers le monde, ce qui en fait une ressource régionale très spécifique.
Si la Pierre de Caen devait de nouveau être exploitée activement, il conviendrait de mener des études fines permettant de délimiter en 3D l'extension des bancs valorisables.

### ■ Les roches siliceuses

- Phtanites ;
- Granodiorites à biotite et cordiérite ;
- Monzogranites de Flamanville, de Barfleur, de Fermanville et de Saint-Vaast-la-Hougue ; leucogranite d'Alençon ;
- Cornéennes et schistes tachetés du Briovérien ;
- Grès armoricain ;
- Grès à Platyorthis monnieri ;
- Arkose d'Omonville-la-Rogue.

Le Roussié de Gacé a été utilisé comme moellons, pierre ornementale de cheminée ou pierre de construction des chaumières dans le Pays d'Ouche. Il est en effet facile à débiter sous forme de plaque.
Concernant les roches d'ornement, les granitoïdes de la région présentent un potentiel intéressant. Ils montrent notamment des couleurs variées. D'une manière générale, au Sud de la région, les granitoïdes de type Mancellien présentent une couleur sombre, tandis que les granites varisques présentent des teintes plus claires.
On retiendra aussi quelques formations ayant un intérêt architectural local mais indéniable comme les schistes bleus de la région de Cherbourg ou la Diorite de Coutances.




Carte élaborée à partir des données du BRGM

## V - Matériaux pour industrie

### ■ Silice pour industrie

#### ➔ Filons de quartz

Il a été estimé qu'un filon de quartz doit avoir au minimum 300 000 m3 de réserve pour être considéré comme exploitable. Seuls les filons d'une superficie de plus de 15 000 m2 ont été cartographiés en tant que ressource puisqu'ils permettent théoriquement une exploitation rentable du quartz (si le gisement est exploité sur une épaisseur de 20 m, alors il atteint un volume théorique supérieur approximatif de 300 000 m²). En considérant ce cas, 52 filons ont été sélectionnés sur les 451 référencés dans toute la Basse-Normandie.

Ces filons de quartz sont pour la plupart très altérés à cause des différentes déformations qu'ils ont subi depuis leur mise en place (orogenèse cadomienne et hercynienne). Ils se matérialisent à la surface par des boules ou galets de quartz. A titre d'information, les filons référencés avec une superficie de plus de 50 000 m² (soit un gisement théorique potentiel de plus de 1 million de m3) sont au nombre de 10.

### ➔ Sables siliceux

**Ressource**

- Dunes,
- Sables de Saint-Vigor (taux de silice atteignant 97% d'après la bibliographie).

Les sables et argiles d'Aunou, près du massif granodioritique d'Athis, constituent une fine lentille de sable qui a été utilisée comme sable de fonderie. Il n'est aujourd'hui plus exploité et n'apparait pas sur la carte des ressources.

**Utilisation**

Un sable est considéré comme extra siliceux à partir de 95 % de silice. Voici quelques utilisations possibles en fonction du taux de silice d'un sable :

- Siliceux pur : 99% de $SiO_2$ et moins de 0.02% de $Fe_2O_3$ : cristallerie, verrerie, optique, céramique fine…
- Siliceux : $SiO_2 > 98\%$ : verre, fonderie, filtration, céramique
- Siliceux maigre : de 95 à 97 % de $SiO_2$ : fonderie
- Sables silico-argileux : de 75 à 92% de silice : utilisés en fonderie et pour la confection de pisés réfractaires en métallurgie.

En céramique (matériaux réfractaires, sanitaire…), les spécifications fondamentales concernant la composition chimique sont : $SiO_2 > 97.5\%$, $FeO_3 < 0.2\%$, $Al_2O_3 < 0.55\%$. La céramique fine utilise des produits (farine de silice) à haut degré de pureté : $SiO_2 \approx 99\%$, $FeO_3 \leq 0.03\%$, $TiO_2 \leq 0.05\%$.

Les sables siliceux trouvent également une utilisation dans la fracturation hydraulique. Ce procédé nécessite des sables de bonne résistance à la compression et de teneur en silice supérieure à 98%. Le haut degré de sphéricité des matériaux que nécessite ce procédé pour permettre une mise en place plus facile dans les fractures exclut l'utilisation de granulats concassés.

## ■ Matériaux pour fabrication de chaux et ciment

Le ciment est fait à base de clinker. Le clinker est essentiellement un mélange de calcaire et d'argile, à environ 80% de calcaire et 20% d'argile. Ce mélange est chauffé à très haute température pour le déshydrater.
Les matériaux servant à faire de la chaux sont également utilisables pour la fabrication du clinker, mais l'inverse n'est pas toujours vrai. En effet, le calcaire à chaux ne doit pas contenir d'argile et s'avérer riche en carbonates de calcium. Ainsi, les marnes sont utilisables pour la confection du clinker et non pour la chaux.

Toutes les formations décrites dans la partie sur les roches massives calcaires sont utilisables pour la confection de chaux et de ciment. La formation des calcaires sombres de la Meauffe n'est pas représentée sur la carte des ressources mais elle a été longtemps exploitée comme calcaire à chaux.
Voici les formations supplémentaires retenues :

**Paléozoïque :**

- Calcaire de Montmartin-sur-Mer

### Jurassique :

- Les **Marnes de Port-en-Bessin**. Il s'agit d'une variation latérale de faciès du calcaire de Caen, présente dans le Bessin. Elles n'ont pas été exploitées dans le passé comme base de fabrication de la chaux ou du ciment bien qu'elles en possèdent les qualités.
- **Marnes indifférenciées du Callovien**. Elles sont présentes de Caen à Mamers, dans la Sarthe, sans interruption. Leur teneur en carbonates varie de 30% pour les marnes à 65% au maximum pour les bancs calcaires. Elles ont aussi été exploitées à Falaise en tant qu'argile.
- **Faciès marneux du Cornbrash** (Bathonien terminal). Il s'agit d'un ensemble désignant les formations des Argiles de Lion-sur-Mer et des Marnes d'Escoville, exploitées à Touffreville, que l'on trouve de part et d'autre de la vallée de l'Orne, entre Caen et l'embouchure de l'Orne.
- **Argiles à poissons et calcaires et marnes à ammonites, d'âge toarcien**. Présente de Grandcamp-Maisy à Falaise, cette formation, d'une puissance de 0 à 6 m, est composée d'argile à la base et de calcaire au sommet. Ce dernier a servi dans le passé à la fabrication de la chaux
- **Calcaire du Bon-Mesnil**. Equivalent latéral du Calcaire de Blainville, il s'agit d'un calcaire oolithique ou d'un sable oolithique, facile à utiliser en cimenterie. Il n'a pas été placé dans les concassés de roches massives calcaires à cause de son faciès parfois très sableux.
- **Marnes indifférenciées de l'Oxfordien**, localisées entre Dives, Trouville, Honfleur et Lisieux. Elles sont constituées d'une alternance de marnes et de bancs calcaires. Leur teneur en carbonates varie de 20% dans les marnes à 80% pour les bancs calcaires.

### Crétacé

- **Craie glauconieuse indifférenciée du Cénomanien**, présente depuis Trouville-sur-Mer jusqu'à Nogent-le-Rotrou. L'appellation « Craie glauconieuse » regroupe non seulement les faciès glauconieux qui sont d'un faible intérêt en tant que matériau, mais aussi la Craie de Rouen parfaitement utilisable en cimenterie.
- **Craie marneuse du Turonien**, d'une épaisseur de 20 à 30 m. Cette craie a été largement exploitée en amendement calcaire pour l'agriculture. Elle affleure dans l'Est de la région.

## ■ Matériaux pour amendement, compléments alimentaires et autres industries

**Faluns du Plio-Pléistocène et faluns blancs à bryozoaires** du Miocène :
Les Faluns sont des roches calcaires à débris coquilliers. Ils sont présents dans la région de Carentan et appartiennent au Miocène ou au Pliocène. Ils ont également été exploités comme pierre de taille et leur teneur en carbonate de calcium atteint 95%.

**La Tangue** est une formation récente de boue carbonatée. Abondante en Baie du Mont-Saint-Michel et en Baie des Veys, elle y fut extraite en tant qu'amendement calcaire à des fins agricoles.

**Calcaire lacustre (Eocène)**. Cette petite formation d'une surface de 0.13 km² sur la commune de Longny-au-Perche est composée de sédiments carbonatés lacustres formant une alternance de marnes et de niveaux plus indurés, quelque fois meuliérisés.

D'autres calcaires utilisés pour l'amendement agricole ont déjà été décrits dans d'autres rubriques. Il s'agit :
- des calcaires marneux à Gryphea arcuata (Sinémurien) ;
- de la craie glauconieuse indiférenciée, incluant la craie de Rouen (Crétacé supérieur) ;
- de la craie marneuse du Turonien (Crétacé supérieur) ;
- des calcaires du Lutétien (Eocène).

## ■ Argiles et limons pour tuiles et briques ou autres utilisations

Sont regroupées sous cet intitulé les roches ou formations suivantes :

- **Schistes, grès, conglomérats et calcaires indifférenciés du Permien**. Ces roches, présentes dans le bassin de Carentan, donnent à l'altération une argile rouge qui a été utilisée vers Saint-Jean-de-Daye pour la confection de tuiles et de briques.
- **Les argiles grise et rouge du Trias**. Ces roches ont déjà été décrites dans la partie granulats de roche meuble en tant que **sables et argiles du Trias supérieur** ;
- **Argiles à lignite d'Airel** (Trias-Jurassique). Cette formation est présente à la fois dans le Cotentin, à l'est de Valognes, et dans le Calvados, à Saint-Fromond. Elle a été exploitée dans ces deux localités. Elle est très hétérogène et se compose de sables, de nodules calcaires et surtout d'argiles de couleur diverse (bleue, grise, noir, ocre…) ;
- **Les Argiles de Lion-sur-Mer** (Jurassique) Elles sont présentes dans la région de Caen et se caractérisent par une alternance de marnes et de petits bancs calcaires, sur une épaisseur de 2 à 4 mètres ;
- **Faciès marneux du Cornbrash et marnes indifférenciées du Callovien** (Jurassique). Ces roches ont été décrites dans la rubrique « matériaux pour chaux et ciment » ;
- **Argiles et marnes indifférenciées de l'Oxfordien et du Kimméridgien** ;
- **Les Argiles et calcaires de Ceaucé** (Paléogène). Localisées au sud de Ceaucé, elles se composent d'une alternance d'argiles vertes et de calcaires, sur 3.5 m d'épaisseur, superposée à des argiles grises ou brunes, épaisses de 4.8 m. Elles sont recouvertes de 4,5 m d'argiles vertes ou grises ;
- **Marnes du Bosq-d'Aubigny** (faciès argilo-marneux, Plio-Pléistocène). Elles appartiennent au complexe marin du Bosq d'Aubigny, décrit dans la partie granulats de roche meuble ;
- **Les Argiles laguno-lacustres de La Goulande**, d'âge quaternaire. Elles sont présentes à environ 3 km à l'est de Domfront et ont été activement exploitées, malgré leur faible étendue (0.13 km²), depuis le XVème siècle, pour approvisionner les potiers de la région.

A titre indicatif, la composition moyenne des Terres cuites est la suivante : 50% de minéraux argileux (illite, kaolinite…), 30-40% de sable quartzeux, 5-10% de calcite fine, 5-10% d'éléments colorant (Fe2O3, TiO2, MnO2).

### Granulats expansés

Souvent à base d'argile, les granulats expansés (GE) peuvent être fabriqués à partir de toute roche plastique ou réduite en poudre et mélangée avec de l'eau pour en faire une pâte. On peut ainsi réaliser un GE avec des schistes, du laitier, ... Cette technique, utilisée aux Etats-Unis depuis 1917, s'est exportée progressivement dans le monde, y compris en Europe. La France, en raison de l'abondance relative de ses granulats alluvionnaires à faible coût d'extraction, en a limité le développement. Depuis les années 1990, les recherches menées sur les GE via les technologies des Bétons Haute Performance (BHP) et Béton Très Haute Performance (BTHP) visent à améliorer la résistance mécanique des bétons au sein desquels ils sont incorporés.

L'utilisation de granulats expansés modifie la façon de penser et de construire un bâtiment, à commencer par le budget de construction. En effet, la production des GE est relativement onéreuse puisqu'ils nécessitent entre autres d'être passés dans un four à plus de 1100°C pour permettre la vaporisation de l'eau. C'est ce mécanisme qui va créer l'expansion et les vides du granulat et la cristallisation des parois, ces dernières étant nécessaires dans l'isolation des vides internes par rapport au milieu extérieur. La surconsommation d'énergie engendrée par rapport à un matériau classique augmente directement le coût du granulat. Néanmoins, toutes les améliorations permises par la suite rentabilisent l'investissement de départ :

- réduction des frais de transport puisque pour un même volume transporté, la masse est divisée par 2 à 6 (masse volumique des GE comprise en 0.3 et 0.8 t/m3) ;
- réduction du ferraillage, des fondations et des dimensions des structures porteuses, grâce à la mise en place d'un béton plus léger (mv ϵ [1.5 ; 1.8] t/m3) ;
- réduction des déchets issus du BTP ;
- préservation de la ressource en granulats alluvionnaires ou concassés et valorisation de sous-produits ;
- isolation thermique.

*Nota bene :* La région Ile de France a récemment démontré l'intérêt qu'elle portait aux bétons de granulats légers en soutenant le projet de thèse de Yang KE (2008), soulignant par là même sa volonté de participer à la promotion de ce mode constructif. La diminution probable, à long terme, de l'exploitation des granulats alluvionnaires, en lien avec le développement des GE, offrira selon toute vraisemblance des opportunités pour le marché des granulats de roches dures de Basse-Normandie.

## ■ Argiles smectiques et kaolinite

### ➔ Smectites

Propriétés :

- argile gonflante, capable de retenir de 10 à 15 fois son volume en eau, soit jusqu'à 6.5 fois son poids ;
- CEC : 80 à 150 meq/100g ;
- CEA : 25 meq/100g.

(CEC = Capacité d'Echange Cationique, CEA = Capacité d'Echange Anionique)

Leurs utilisations sont nombreuses et diverses : dans l'industrie des cosmétiques (absorption des toxines), de la santé (régulation de l'acidité gastrique), de l'épuration des eaux, du stockage des déchets (participe à l'imperméabilisation des couches de fond des centres d'enfouissement technique), raffinage des huiles. Elles entrent par ailleurs dans la composition des boues de forage, des peintures, du fondant pour céramique...

De par leur faible extension et parce que les étendues d'argiles smectitiques sont mal connues, elles n'ont pas été représentées sur la carte des ressources. Elles ont été formellement mises en évidence dans la région de Saint-Symphorien-le-Valois-Lithaire, à l'aplomb de couches du Silurien, et dans le Permien du Bassin de Carentan.

*Nota bene* : à l'image des smectites, les autres argiles de Basse-Normandie n'apparaissent pas dans la carte de la ressource. Les cortèges minéralogiques des formations argileuses sont en effet trop mal connus pour qu'un document de synthèse ait été produit à ce sujet.

D'autres matériaux autres que les smectites possèdent des capacités d'échanges cationiques intéressantes, telles les craies et les marnes glauconieuses, ainsi que les argiles blanches et vertes. Les capacités sont voisines de 70 Meq/100g (la CEC théorique de la Smectite est d'environ 110 Meq/100g).

### ➔ Kaolinite

La kaolinite est un minéral argileux principalement issu de l'altération des roches riches en aluminosilicates. Les altérites de leucogranites sont connues pour leur potentiel kaolinique.

Caractéristiques du kaolin :

- blancheur : 80 à 88% ISO (test de blancheur : brightness)
- Réfractivité : 39.5 % Al2O3 (résistance à la chaleur) ;
- Faible granulométrie (<2µm), pour une grande surface spécifique

La kaolinite est utilisée dans la fabrication de très nombreux matériaux ou composés, souvent en lien avec sa couleur blanche : papier, porcelaine, peinture, plastique, caoutchouc, béton de luxe. C'est un des constituants essentiels de la confection de la porcelaine.
Deux gisements désormais épuisés sont inventoriés en Basse-Normandie : le gisement de kaolin des Pieux et celui d'Alençon. Le gisement des Pieux a participé à l'essor des fabriques de porcelaine de Valognes et de Bayeux, désormais fermées.

La découverte d'autres gisements impliquerait des études précises nécessaires à la caractérisation détaillée des cortèges argileux des altérites des roches de socle.

Illustration 2.9 : Caractéristique de la fraction argileuse des formations de la feuille de Nogent-le-Rotrou.

*TABLEAU 2 - CARACTÉRISTIQUES ANALYTIQUES DES PRINCIPAUX MATÉRIAUX DE LA FEUILLE NOGENT-LE-ROTROU (Analyses INRA : Arras, Versailles, Orléans - carte pédologique)*

| | Analyses / Matériaux | | Granulométrie de la terre fine (0 à 2000 µm) Argile < 2 | Limon F 2 à 20 | Limon G 20 à 50 | Sable F 50 à 200 | Sable G 200 à 2000 | Capac. échange Argile meq/100 G | Minéralogie argile < 2 µm | calcaire total % | Nombre échantillons |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| II | Argile grise | n4-6 | 35 | 32 | 19 | 12 | 2 | 46 | Illite + K + S* | 0 | 3 |
| | Sables verts | n7s | 16 | 12 | 7 | 48 | 17 | - | Illite | 0 | 4 |
| | Gaize | C1a | 22 | 19 | 11 | 47 | 1 | - | - | 0 | 7 |
| | CALCAIRES | C1b-2a | | | | | | | | | |
| | Craie glauconieuse | | 27 | 27 | 14 | 21 | 11 | 75 | Smectite | 40 | 14 |
| | Marne glauconieuse | | 42 | 31 | 12 | 11 | 3 | 75 | Smectite | 30 | 18 |
| | SABLE DU PERCHE | C2b | | | | | | | | | |
| | Bandes rouges | | 17 | 2 | 1 | 7 | 72 | 15 | Kaolinite | 0 | 19 |
| | Interbandes | | 6 | 2 | 2 | 15 | 75 | 6 | Quartz + Kaol* | 0 | 8 |
| III | Argile à silex | RS | 66 | 14 | 8 | 4 | 8 | 27 | Kaolinite | 0 | 42 |
| | Argile blanche | RS | 65 | 9 | 7 | 13 | 6 | 68 | Smectite | 0 | 3 |
| | Argile à meulières | RM | 46 | 21 | 20 | 5 | 8 | 49 | Kaol + Smec* | 0 | 19 |
| IV | Argile verte | AC1 | 55 | 23 | 11 | 9 | 2 | 73 | Smectite | 0 | 49 |

* K ou Kaol = kaolinite ; S ou smec = smectite ; I = illite.

## ■ Formations superficielles

Pour des raisons de lisibilité, les formations superficielles font l'objet d'une représentation cartographique à part, à l'exclusion des alluvions et des dépôts quaternaires marins qui sont représentés sur la carte principale « ressources ».

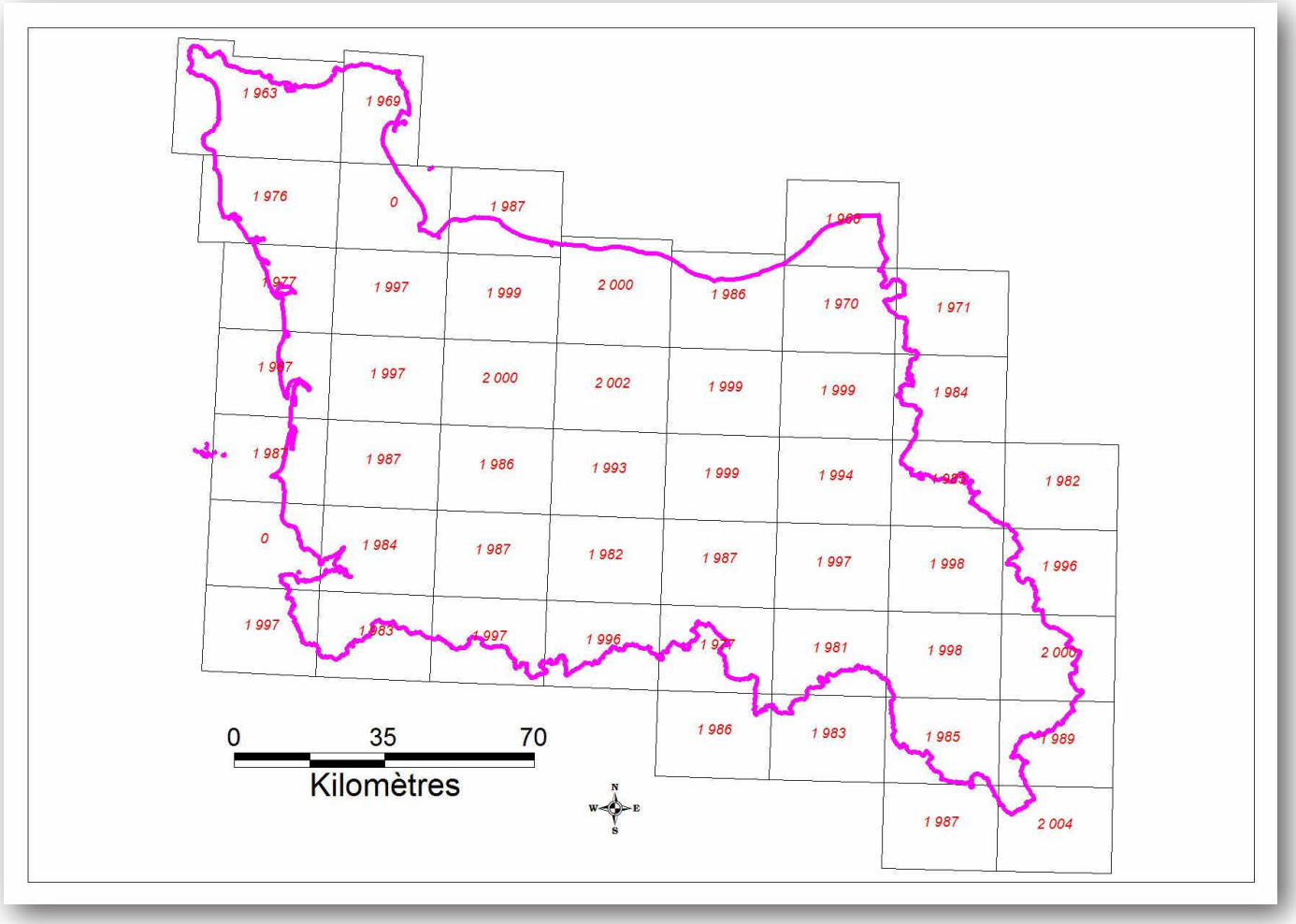
Les formations superficielles regroupent entre autres des roches meubles issues de l'altération in situ des terrains, telles que les argiles à silex ou les altérites de socle, et des éléments allochtones venus recouvrir après déplacement les formations en place. Rentrent dans cette dernière catégorie les lœss, transportés par le vent, ou les colluvions, transportés par gravité.

Ces formations, souvent riches en éléments fins à très fins, comme les argiles ou les limons, ont longtemps participé à la fabrication de poteries, de tuiles ou de briques. Ainsi les altérites de la craie cénomanienne ont-elles été abondamment exploitées et ce jusque dans les années 1950-1960 pour, entre autres, la confection des matériaux de construction du Pays d'Auge, du Pays d'Ouche ou du Perche.

Ces matériaux, souvent très argileux, peuvent également disposer d'une fraction carbonatée qui en modifie la nature. C'est le cas des lœss dont certains sont carbonatés, d'autres non. En fonction de leur emplacement, de leur séquence de dépôt et de leurs altérations, certains lœss sont par ailleurs non carbonatés en surface et plus carbonatés en profondeur. Sur un plan de la représentation cartographique des formations superficielles, aucune distinction n'a pu être faite concernant le taux de carbonates des lœss.

D'une manière générale, l'utilisation de la carte des formations superficielles appelle à la prudence du fait de l'hétérogénéité des données ayant conduit à son élaboration. En effet, les formations superficielles n'ont été que peu cartographiées lors des levés des cartes géologiques anciennes. Elles l'ont été davantage à partir du milieu des années 1980, puis de plus en plus précisément jusqu'à nos jours. L'illustration n°10, à travers la date de parution de la carte géologique, donne indirectement une information sur la précision des levers des formations superficielles. L'indication 0 correspond à une carte non encore publiée.

Illustration 2.10 : découpage de la carte géologique de la France au 1/50 000 avec la date de parution de la coupure.




## ■ Autres matériaux

### ➔ Tourbe

La tourbe est encore exploitée en Basse-Normandie dans les marais de Gorges et de Saint-Jores, dans la Manche. Elle y sert à la fabrication d'engrais. Elle fut autrefois utilisée en tant que combustible.

### ➔ Les ardoises

Les schistes ardoisiers du Briovérien ont fourni dans le passé un très bon matériau de couverture. L'ancienne carrière souterraine de Caumont-l'Eventé, aujourd'hui visitable, illustre ce que fut et ce qu'est toujours ce potentiel. Il n'y a aujourd'hui plus d'exploitation d'ardoise naturelle active en Basse Normandie.

## ▶ Granulats marins

Des gisements importants de granulats marins existent au large de la Basse-Normandie, principalement au Nord des côtes du Calvados et du Nord-Cotentin. Les données sur l'extension spatiale de ces gisements ont été produites par l'IFREMER pour l'ensemble de la façade Manche-Ouest et Manche-Est.

Le site de l'Ifremer - **http://www.ifremer.fr/sextant/fr/web/granulats-marins/** - offre une interface graphique actualisée des résultats des recherches et suivis menés par cet organisme. Le site permet notamment de visualiser les paléo-réseaux fluviatiles quaternaires noyés sous les eaux de la Manche. L'étude de la partie Est de la Manche a été réalisée entre 2006 et 2008 et les résultats sont disponibles sur le site. La campagne pour la partie Ouest de la Manche s'est terminée récemment et les résultats ont été intégrés à ce rapport. Cette partie est néanmoins beaucoup moins détaillée à proximité du Cotentin que la partie Est de la Manche.

Il semble difficile en l'état actuel des techniques d'exploiter intensément les gisements marins : alluvions et paléo-cordons de galets submergés, sables tertiaires. Une telle exploitation nécessite un certain calibrage et des infrastructures portuaires parfaitement adaptées au déchargement, au stockage voire au tri des granulats. La Basse-Normandie ne dispose pas actuellement d'un niveau d'équipement suffisant pour ce faire. Enfin, la zone de départ de ces matériaux étant forcément un port, l'éloignement possible avec les zones de demande peut être un frein. Toutefois, en Basse-Normandie, une partie des zones de consommation importante (Caen, Cherbourg…) se trouve à proximité des lieux potentiels d'accueil des dragues ou navires extracteurs.

La présence de granulats marins en mer de la Manche est principalement due au remplissage, par des alluvions, lors des dernières glaciations, des grands réseaux hydrographiques qui sillonnaient la « Manche » alors que le niveau marin était à-120 m par rapport à l'actuel. En associant les dépôts meubles de la frange littorale, ces paléo-vallées sont remplies de trois principaux types de matériaux :

- des vases ;
- des sables ;
- des sables, graviers et galets indifférenciés. Ces dépôts sédimentaires sont les plus valorisables.

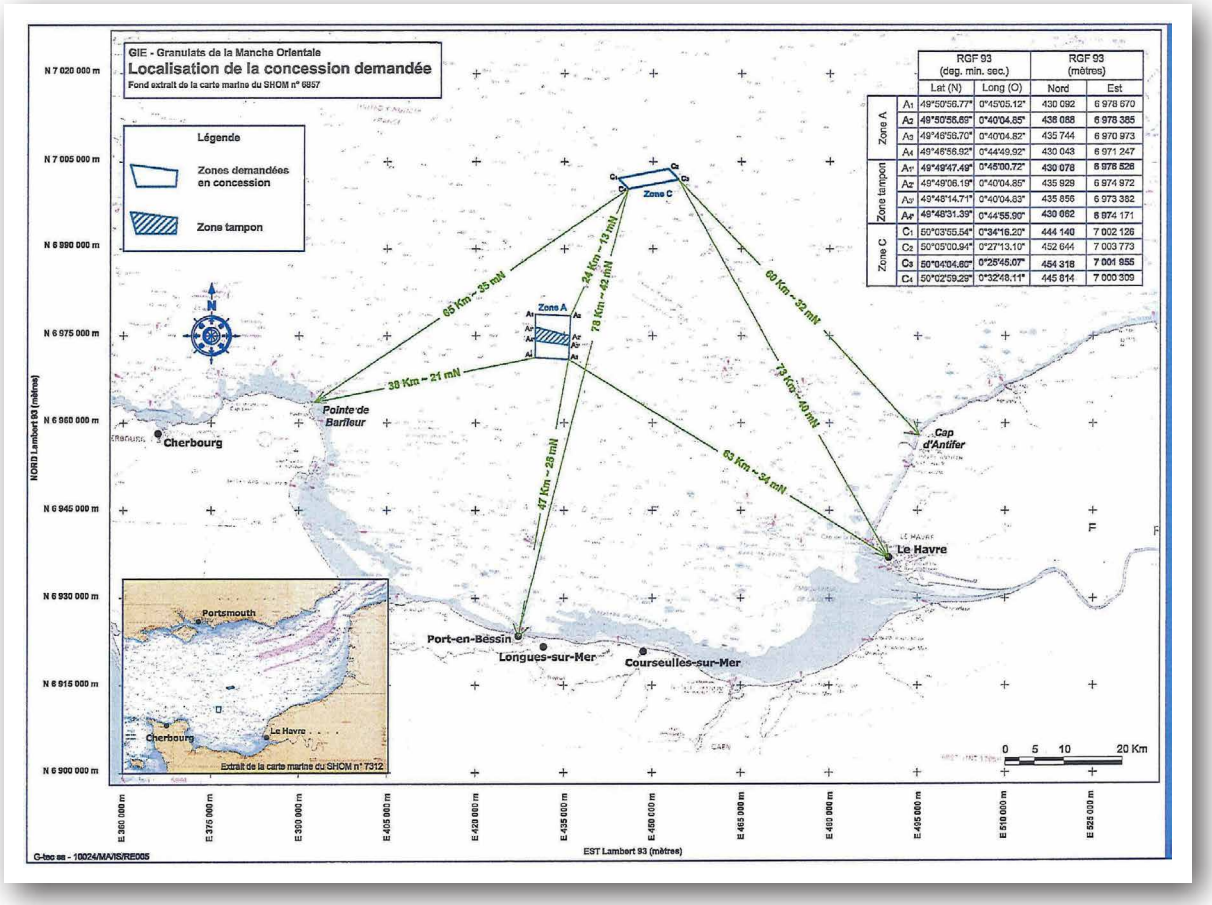
A l'inverse des ressources terrestres, il n'est pas possible de se limiter à une vision départementale de la ressource en mer d'abord parce que l'exploitation doit être en relation directe avec la capacité portuaire à recevoir la ressource, ensuite parce que les limites d'extension des zones réglementaires et la réglementation sur les extractions de matériaux diffèrent de celles en domaine terrestre. Enfin, les différents usages de la mer (voies de passage et chenaux portuaires, zones de pêche, zones réservées à la Marine nationale) impliquent un certain nombre de restrictions quant à l'exploitabilité totale ou partielle des gisements. Pour ce qui concerne cette étude, les entités géographiques concernées sont donc plus les façades « Manche – Mer-du-Nord », commune avec la Haute-Normandie, la Picardie, le Nord-Pas-de-Calais et le Royaume-Uni, et « Manche ouest », commune avec la Bretagne et le Royaume-Uni, via les Iles anglo-normandes, que le simple linéaire de littoral départemental.

C'est pourquoi la ressource est présentée sur un vaste territoire recouvrant l'ensemble de la façade Manche – Mer-du-Nord, de la frontière belge à la Baie du Mont-Saint-Michel.

Les volumes des gisements disponibles sur ce territoire dépendent de la taille des incisions topographiques comblées, la hauteur de ces dernières pouvant varier du mètre à plusieurs dizaines de mètres pour les plus grandes. La connaissance de ces structures est encore perfectible et quantifier précisément le volume disponible en granulats est un exercice difficile à mener à l'heure actuelle. Il est communément admis qu'au large de la façade Manche – Mer-du-nord, le volume de remplissage des paléo-vallées est de l'ordre de 150 milliards de m3. On peut donc estimer la ressource valorisable en granulats à plusieurs milliards de m3. L'extension cumulée des gisements potentiels sur l'ensemble de la façade couvre une surface de l'ordre de 10 000 km².

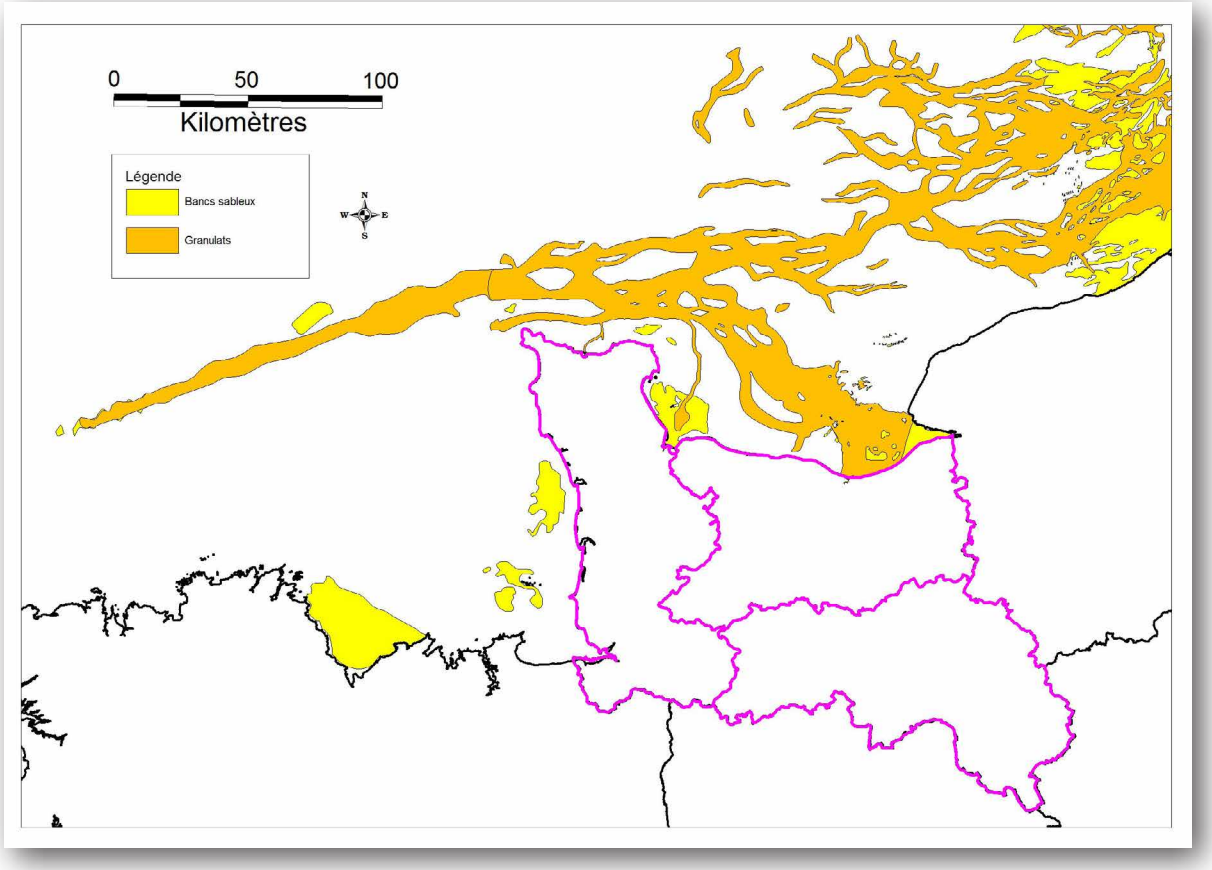
Aujourd'hui, six permis de recherche ont été accordés en Haute et en Basse-Normandie, dont la concession « Granulats Manche Orientale » (GMO) au large du Calvados. Un permis d'exploitation a jusqu'alors été accordé au sein de la GMO.

Illustration 2.11 : Localisation de la concession GMO.




| | | RGF 93 (deg. min. sec.) Lat (N) | Long (O) | RGF 93 (mètres) Nord | Est |
|---|---|---|---|---|---|
| Zone A | A1 | 49°50'56.77" | 0°45'05.12" | 430 092 | 6 978 570 |
| | A2 | 49°50'55.69" | 0°40'04.85" | 436 088 | 6 978 385 |
| | A3 | 49°46'56.70" | 0°40'04.82" | 435 744 | 6 970 973 |
| | A4 | 49°46'56.92" | 0°44'49.92" | 430 043 | 6 971 247 |
| Zone tampon | A7 | 49°49'47.49" | 0°45'00.72" | 430 078 | 6 976 826 |
| | A2 | 49°49'06.19" | 0°40'04.85" | 435 929 | 6 974 972 |
| | A3 | 49°48'14.71" | 0°40'04.83" | 435 856 | 6 973 382 |
| | A6 | 49°48'31.39" | 0°44'55.90" | 430 662 | 6 974 171 |
| Zone C | C1 | 50°03'55.54" | 0°34'16.20" | 444 140 | 7 002 128 |
| | C2 | 50°05'00.94" | 0°27'13.10" | 452 644 | 7 003 773 |
| | C3 | 50°04'04.60" | 0°25'45.07" | 454 318 | 7 001 955 |
| | C4 | 50°02'59.29" | 0°32'48.11" | 445 814 | 7 000 309 |

Illustration 2.12 : Carte de la ressource potentielle en granulats marins (données IFREMER)



# ► Matériaux de substitution

## *I - Matériaux in situ*

La valorisation de matériaux in situ est une pratique courante dans les travaux de terrassement routiers où le sol en place peut être traité à la chaux ou au liant hydraulique dans le but d'améliorer ses caractéristiques et permettre son utilisation en couche de forme ou de fondation.

Il s'agit essentiellement de déblais de terrassement ; ils sont de plus en plus valorisés. La technique qui consiste à ajouter un liant hydraulique aux matériaux de déblais afin de les assécher et d'en améliorer la portance est connue du secteur des travaux publics puisqu'elle est utilisée en traitement en place des chaussées, soit par une technique de régénération par chauffage, soit par recyclage à froid avec apport d'un liant extérieur. Ce mode de traitement se développe de plus en plus à petite échelle, à l'aide de matériels mobiles (godet cribleur) ou semi mobiles (machine réalisant le mélange terre-chaux). Le matériau traité est employé en grande majorité sur les chantiers de remblai.

Tous les matériaux ne se prêtent pas avec la même efficacité à ce type de traitement. Il convient en préalable de tester leurs caractéristiques initiales notamment celles en lien avec leur capacité gonflante.

Le matériau type des déblais de terrassement en Basse-Normandie est le limon qui recouvre une bonne partie de la région. Les limons (ou loess) sont notamment très présents dans la partie orientale de la région et peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur dans le Nord du Calvados. Traités avec un produit adapté (chaux vive et autres liants…), les limons peuvent atteindre des caractéristiques mécaniques tout à fait remarquables et représentent ainsi, via leur réutilisation in situ, un facteur d'économies importantes.

Un guide technique « emploi et utilisation de terrassements valorisés à la chaux » a été rédigé et édité en 2009 par l'ARE BTP de Haute-Normandie.

## *II - Produits alternatifs : matériaux de dragage (ports, cours d'eau)*

Les produits issus de dragage sont aujourd'hui très rarement valorisés. Des études sont en cours pour trouver une filière de valorisation des sédiments de dragage de la Seine. Selon une thèse récente sur la valorisation des sédiments de dragage (Smecha, 2006), le BTP et plus particulièrement la fabrication de ciment pourrait être une filière de valorisation intéressante pour des produits aujourd'hui considérés comme des déchets. Les vases issues du dragage pourraient, après calcination, être ajoutées au ciment à hauteur de 30% en masse. Les résistances à long terme sont comparables mais la montée en résistance est plus lente (la Rc à 28 jours du CEM1 test est atteinte à 50 jours avec le ciment composé de vases calcinées). De plus, pour des proportions plus élevées de vases calcinées (jusqu'à 70% de la masse final) les résistances mécaniques des pâtes de ciment sont acceptables pour un traitement en place, lors de travaux de terrassement routiers. Ces résultats ne sont malheureusement pas transposables à tous les sédiments de dragage et dépendent de leur composition. Une étude au cas par cas est donc nécessaire.

## *III - Recyclage*

Le recyclage des matériaux inertes du BTP a connu un essor considérable ces dernières années, en partie pour des raisons réglementaires visant, entre autres, l'obligation de déconstruction. La ressource issue de la déconstruction est répartie sur l'ensemble du territoire bas-normand, même si elle est logiquement plus importante à proximité des bassins les plus peuplés. Les procédés de traitement constituent des enjeux économiques et environnementaux répondant aux objectifs des schémas départementaux de gestion des déchets du BTP.

Préservation des ressources naturelles, limitation des mises en décharge, réduction des coûts et nuisances liées aux transports sont autant d'aspects allant dans le sens du développement durable.
On entend par déchets inertes les déchets qui, pendant leur stockage, ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Le déchet inerte ne se décompose pas, ne brûle pas et ne produit aucune autre réaction physique ou chimique. Il n'est pas biodégradable et ne détériore pas les autres matières avec lesquelles il entre en contact. Le caractère inerte du déchet est défini par la réglementation et notamment dans l'arrêté 28 octobre 2010 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations.

On distingue ainsi plusieurs types de valorisation en fonction des matériaux entrants.

## ■ Les matériaux inertes de démolition et de construction

Une part importante des matériaux issus de la déconstruction et de la construction du BTP est aujourd'hui recyclée. En effet, les matériaux inertes et gravats (bétons de démolition, céramiques, parpaings, ardoises …) sont concassés pour être réutilisés dans la construction routière ou dans les travaux de remblai. Cette filière s'est fortement développée ces dernières années par la multiplication des plate-formes de regroupement recyclant ces déchets, soit par des installations fixes, soit par des concasseurs mobiles.

Chacun des trois départements de Basse-Normandie est aujourd'hui doté d'un schéma de gestion des déchets du BTP (tous les trois réalisés en 2004). Il convient donc de s'y référer pour identifier les objectifs spécifiques inhérents à chaque département et pour localiser les plate-formes de traitement. A noter que ces schémas de gestion des déchets du BTP sont en cours de révision ou vont l'être prochainement.

## ■ Les enrobés recyclés

Le ré-emploi des anciens enrobés en recyclage dans les centrales de fabrication s'inscrit pleinement dans une politique de développement durable.
Au plan réglementaire, la circulaire n°2001-39 du 18 juin 2001 permet d'utiliser jusqu'à 10% d'enrobés recyclés dans la fabrication, sans avoir à fournir d'études de caractérisation, ni de formulation. Au-delà de ce seuil, des études complémentaires sont exigées. Pratiquement, il est possible de trouver des pourcentages allant jusqu'à 40%, voire plus encore.
Cette pratique ira en augmentant car elle est souhaitée par les entreprises routières et apparaît comme bien perçue par les maîtres d'ouvrage.

## ■ Les MIOM

Les MIOM sont les Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères. Ils sont d'ores et déjà utilisés en remblai ou dans les couches profondes de structures routières peu sollicitées. Un test de comblement de carrière à l'aide de MIOM a par ailleurs été réalisé à Caen dans une partie des carrières souterraines de la Maladrerie. Les MIOM peuvent cependant contenir des éléments instables, agressifs ou polluants, en quantités significatives. C'est pourquoi la réglementation (arrêté du 25 janvier 1991, circulaire du ministère de l'environnement du 9 mai 1994 et arrêté du 11 août 2011) définit un cadre pour l'utilisation des mâchefers, en fonction des risques qu'ils présentent vis-à-vis de l'environnement naturel. Suivant leurs caractéristiques physiques et chimiques et leur potentiel polluant, les MIOM sont classés en 3 classes dénommées « V », « M » et « S », par analogie aux termes « Valorisation, « Maturation » et « Stockage ». L'appartenance à l'une ou l'autre de ces catégories conditionne la valorisation.

A cette contrainte, s'ajoute le problème de l'hétérogénéité des mâchefers en fonction des sites de production ou même des ordures incinérées.

A titre indicatif, la production de MIOM est de 36 kT/an sur le site de la SIRAC à Colombelles (14). Le seul site autorisé pour la maturation des MIOM est situé à Blainville (SMC-Blainville) et traite au maximum 100 kT/an. Ce site, situé près de Caen, réceptionne les MIOM de tout le quart NW de la France (Haute et Basse-Normandie, Bretagne, Centre, Pays de Loire, Picardie) et est a priori le seul de la région.

## ► Conclusions

L'inventaire des ressources de Basse-Normandie illustre la grande diversité des roches présentes dans la région, en lien avec la complexité de l'histoire géologique locale.

La partie normande du socle armoricain est particulièrement riches en matériaux. La ressource présente permet de répondre à la grande majorité des demandes courantes, notamment celle en granulat, par des exploitations de proximité, à faible contrainte de transport.

La grande variété des roches régionales offre également quelques gisements de caractéristiques spécifiques : le Grès armoricain, capable de fournir du ballast de qualité ; la Pierre de Caen, qui est une pierre d'ornementation d'exception ; les schistes ardoisiers du Briovérien, abondamment exploités pour la confection des toitures au 19ème siècle ; la diorite quartzique de Coutances, avec ses flammèches noires si particulières ; les granitoïdes de type Vire, utilisés pour la confection des trottoirs locaux mais aussi de Paris, les schistes bleus de Cherbourg, véritables lauzes normands ou enfin les sables de Saint-Vigor et leurs débouchés industriels.

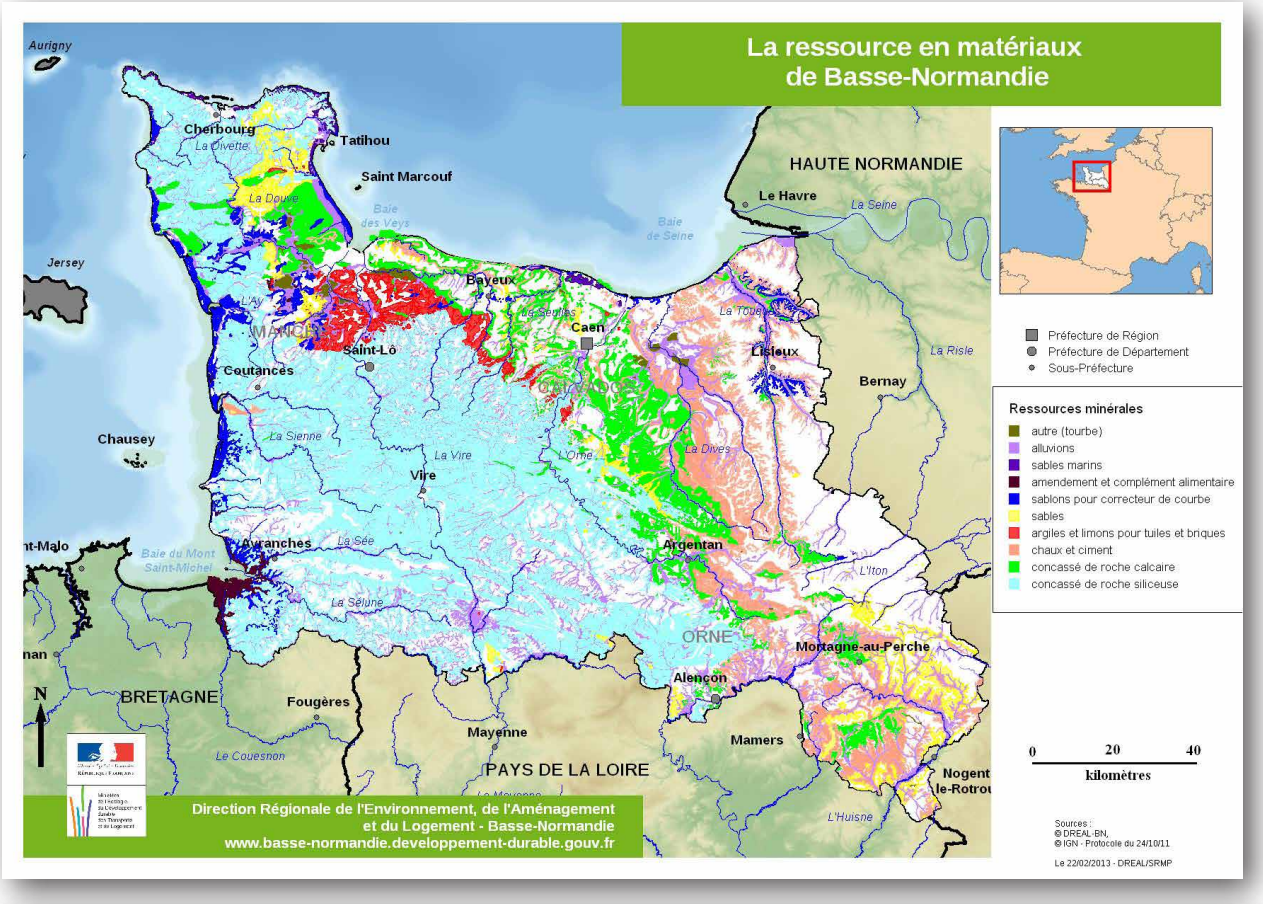
Le contexte géologique permet donc de répondre aux principaux besoins, mais aussi à des besoins plus particuliers, pour l'industrie, l'ornementation… à partir de ressources locales.

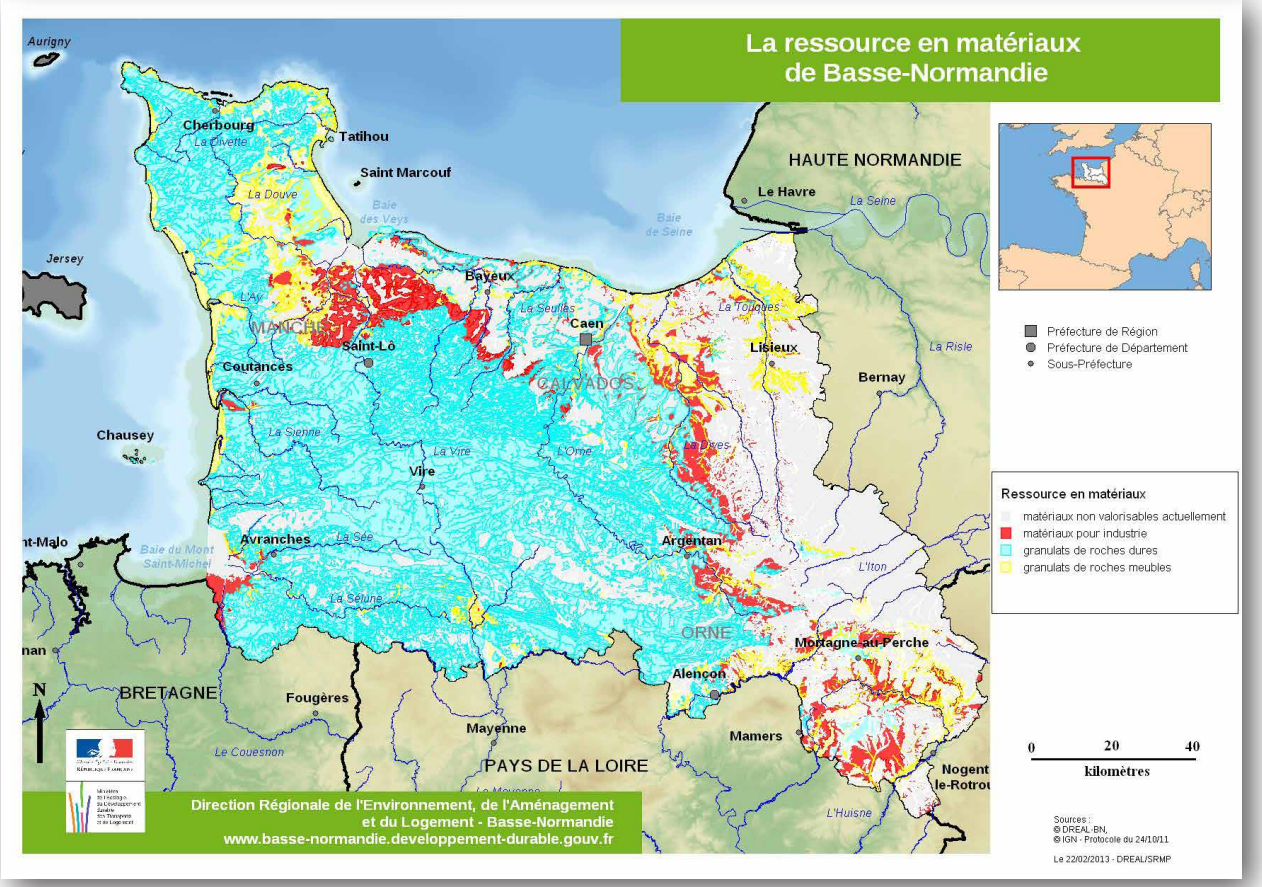
Cette richesse intrinsèque permet de définir des orientations de production (choix du maillage de zones de production notamment) moins contraintes que dans d'autres régions, s'inscrivant de fait, plus aisément, dans la logique de développement durable.

Cependant, certaines ressources de grandes qualités ou spécifiques nécessitent malgré tout la mise en œuvre de modes de gestion adaptés sur le long terme. Il conviendra d'être attentif plus particulièrement à la gestion de certains stocks comme celui du grès armoricain par exemple.

Pour ce faire, la gestion raisonnée des gisements passe par une utilisation au maximum des matériaux les moins nobles pour les travaux ne nécessitant pas l'utilisation de produits de haute qualité. Il peut s'agir des co-produits de carrières, aujourd'hui encore sous valorisés, mais aussi de matériaux de substitution, issus du traitement in situ des matériaux de déblai ou du recyclage de matériaux inertes.

Enfin, si la mer de la Manche abrite des volumes considérables de matériaux, notamment en Baie de Seine, les infrastructures portuaires de Basse-Normandie ne sont pas encore adaptées à une exploitation de ce gisement si celle-ci devait se mettre en œuvre.




Carte simplifiée de la ressource élaborée à partir des données BRGM

# Evaluation des besoins futurs

Afin d'évaluer les besoins futurs, les organismes gestionnaires des principaux postes de consommation ont été enquêtés. Les tendances de la production de ces dernières années ont aussi été prises en compte. Devant la disparité des données reçues, fonction des problématiques des organismes concernés, des conversions ont dû être réalisées entre les besoins identifiés et les volumes de matériaux correspondant. Pour cela, des abaques ou des données de référence ont été utilisées.

## ► Les ratios

L'utilisation de ratios va permettre d'estimer le besoin en matériaux à partir des informations fournies par les différents organismes. Aussi, lors des estimations des besoins futurs, les données suivantes ont été prises en compte :

- un m3 de béton = 2,2 t de matériaux dont 0,4 t de ciment et 1,8 t de granulat ;
- un logement = 100 à 300 t de granulat selon le type de logement ;
- un m² de logement = 1,4 t de granulat en collectif, 2 t en individuel ;
- un hôpital = pas de chiffres communément admis. Il existe deux données de référence récentes. L'une concerne le Nouvel Hôpital d'Orléans, qui a une structure métallique, et dont les besoins ont été de 170 t/lit ou 1,3 t/m². L'autre concerne le Centre Hospitalier Sud Francilien qui est une construction classique et dont les besoins ont été de 320 t/lit soit 3 t/m² ;
- un lycée : 20 000 à 40 000 t de granulats soit environ 1,7 t/m² de plancher ;
- 1 km de voie ferrée : 10 000 t de granulats ;
- 1 km de voie LGV : 4 000 t de ballast (donnée fournie par RFF) ;
- 1k m d'autoroute : 25 000 t de granulats ;
- 1 km de route nationale = 12 000 t de granulats (1x1 voie) ou 20 000 t (2x2 voies) ;
- 1km de route départementale : 10 000 t de granulats ;
- une digue : 690 t/ml dont 350 t/ml d'enrochement de 0,3 à 6 t/bloc (exemple de l'extension du port de Roscoff) ;
- prison : entre 40 et 50 m3 de béton/place (exemple des prisons de Annœullin, 688 places, et de Mont-Joly en Guyane, 420 places).

## ► Besoins pour les logements et les locaux non résidentiels

### *I - Logements*

L'étude du nombre de constructions de logements autorisées en Basse-Normandie de 2000 à 2011 révèle une moyenne de construction de 8700 logements par an, sur une moyenne de 10 900 logements autorisés, ce qui correspond, en SHON (Surface Hors Œuvre Nette), à une surface de 1,004 km² par an. L'expression de ces résultats sous forme de SHON sous-estime la surface réellement construite. En effet, la SHON ne prend pas en compte les espaces dédiés à la technique ou au stationnement de véhicule.

Evaluer le besoin en granulat à partir de la SHON, seule donnée précise disponible, implique de convertir cette dernière en tonnage de granulats et donc de connaître, en amont, le ratio entre le nombre de logements collectifs et individuels. En effet, la consommation en granulat varie selon le type de logement bâti. Une des contraintes pour estimer cette proportion est sa forte variation dans le temps. En effet, récemment, le rapport SHON collectif/SHON individuel est passé de 8 à 3 en trois ans. Par ailleurs, sa variation est importante dans l'espace. En effet, il y a 11 fois plus de SHON individuel que de SHON collectif dans la Manche alors que le même rapport est égal à 3 dans le Calvados. La moyenne régionale est de 1 m² de logement collectif pour 5 m² de logement individuel. En prenant 1,004 km² de SHON construite en moyenne, le besoin en granulat est estimé à 1,9 Mt/an (et environ 400 kt de ciment).

En prenant une moyenne de 200 t/logement, selon un calcul par abaque, le besoin annuel en granulats dédié au logement serait, en Basse-Normandie, de 1,7 Mt. Les ordres de grandeur évalué selon ces deux approches sont donc convergents.

| | Nb logements collectifs / Nb logements Individuels | SHON collectif / SHON Individuel |
|---|---|---|
| Calvados | 2 | 3 |
| Manche | 5 | 11 |
| Orne | 6 | 9 |
| Basse-Normandie | 3 | 5 |

La DREAL et l'INSEE ont publié un rapport « cent pour cent Basse Normandie » au mois de mars 2012 portant sur l'évolution du nombre de ménages en Basse-Normandie jusqu'en 2017. Il apparaît un besoin d'environ 7300 logements par an pour la région pour faire face à cette évolution (5000 logements/an pour les besoins nouveaux ; 1150 logements/an pour le renouvellement ; 1150 logements/ an pour l'ajustement). D'un point de vue géographique, les besoins estimés se répartissent de la manière suivante :

- 4450 logements/an dans le Calvados, dont 3550 dans le bassin de Caen ;
- 2060 logements/an dans la Manche, dont 955 dans le bassin de Cherbourg ;
- 855 logements dans l'Orne, dont 260 dans le bassin de Flers.

L'étude révèle une probable diminution de 15,5 % des besoins en logements dans la région par rapport à la dernière décennie. Cette diminution trouve une explication possible dans l'évolution démographique et le ralentissement économique qui a touché la région depuis 2009 (nettement visible sur l'illustration 3.8), mais l'explication vient surtout du fait que la demande en logements a été très importante entre 2004 et 2008, faisant considérablement augmenter la moyenne annuelle de constructions de logements de la décennie passée. L'évolution estimée pour les 10 prochaines années montre donc un retour à une demande « normale », telle que celle observée lors de la première moitié des années 2000.

Si comme précédemment, on considère un besoin de 200 t de granulats par logement, le besoin moyen estimé en granulat par an pour la décennie à venir s'élève donc entre 1,5 et 1,6 Mt et 300 à 350 kt de ciment.

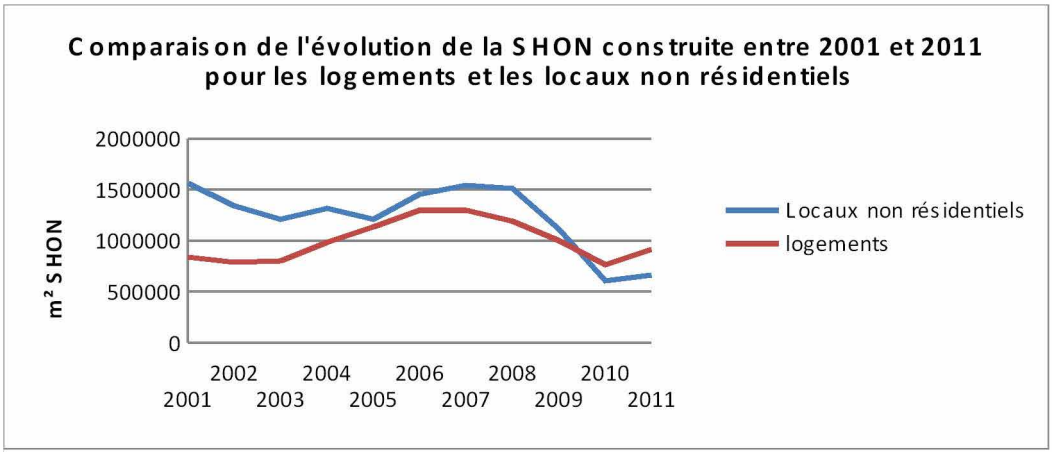
Il faut toutefois noter que les bailleurs pourraient mener des opérations de renouvellement urbain, qui ne sont pas comptabilisées dans les chiffres de renouvellement estimés. Cela pourrait concerner 1000 à 2000 logements.

Enfin, il faut noter que ces estimations sont réalisées à partir de données issues des méthodes de construction actuelles. Toutefois, la prise en compte croissante du développement durable, que ce soit au niveau de l'énergie (construction à énergie positive…) ou de la ressource en matériaux (constructions en ossature bois…), ainsi que le développement de techniques de construction alternatives, pourrait entraîner une évolution des méthodes de construction. Il n'est pour autant pas possible de dire si cette évolution aura un impact sur la consommation de matériaux de carrière (utilisation possible d'autres matériaux que le béton ou utilisation possible de bétons à haute-performance énergétique…).

## II - Locaux non résidentiels

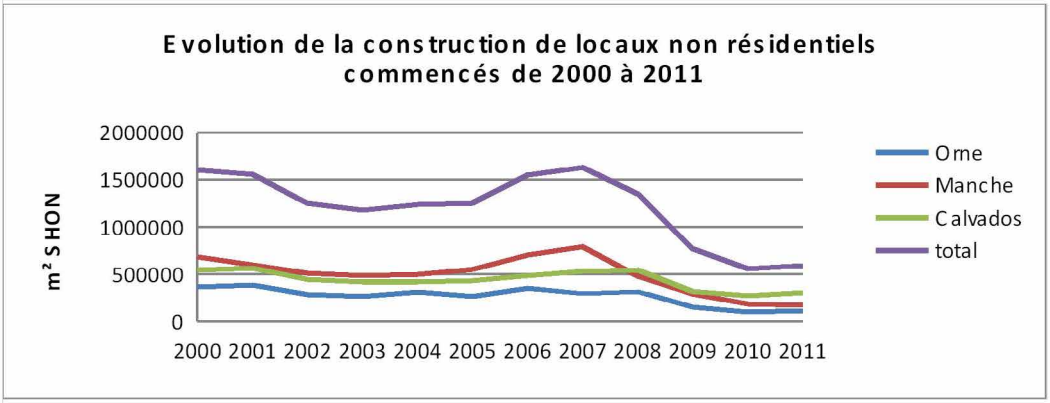
Concernant le besoin en locaux non résidentiels, l'étude des autorisations entre 2000 et 2011 aboutit à une production moyenne de 1,2 km² en SHON par an pour la région.

Illustration 3.1 : Evolution de la SHON pour les logements et les locaux non résidentiels entre 2001 et 2011 (source CRIEC - SITADEL).




Le graphique en illustration 3.1 montre que l'évolution des surfaces construites pour les locaux non résidentiels et les logements sont globalement liées. On remarque la même augmentation entre 2003 et 2007, puis la même perte de vitesse suite à la crise économique en 2008. Le secteur semble se stabiliser en 2011. A noter, une exploitation des données les plus récentes montre que le premier trimestre 2012 enregistre une baisse de 14 % des locaux non résidentiels et stagne à +0.2 % pour les logements. Cette tendance étant peu significative (3 mois), les chiffres énoncés devront être interprétés avec précaution.

Illustration 3.2 : Evolution de la construction de bâtiments tertiaires entre 2000 et 2011 (source CRIEC – SITADEL).




Avec une moyenne de 1,7 t de granulat par m² construit, les besoins annuels moyens ces 10 dernières années concernant les locaux non résidentiels peuvent être évalués à 2 Mt de granulats et 450 kt de ciment par an. Ce chiffre est légèrement supérieur à la demande en granulats pour les logements mais il reste dans le même ordre de grandeur.

Les données disponibles concernant les besoins à venir en locaux non résidentiels sont très peu nombreuses. Aussi, il n'y a pas de visibilité possible à 10 ans. Etant donné les similitudes entre la construction de logements et la construction en locaux non résidentiels ces dernières années, et bien que le contexte économique actuel puisse modifier ce postulat, nous nous sommes basés sur le fait que les deux secteurs admettront une évolution comparable et donc que la construction en locaux non résidentiels subira une baisse de l'ordre de 15 %, soit une demande de 1,7 Mt de granulats et 400 kt de ciment par an dans la décennie à venir.

**Le besoin du secteur de la construction de logements et locaux non résidentiels devrait donc être de l'ordre 3.2 Mt/an en granulats (contre 3.8 Mt/an entre 2001 et 2010) et 700 kt/an en ciment.**

# ► Besoins routiers

## *I - Réseau national*

Le réseau routier national en Basse-Normandie présente un maillage et une qualité qui sont satisfaisants. En conséquence, il y a peu de grands projets routiers prévus au programme de modernisation des itinéraires dans les années à venir.
Les travaux les plus importants en tracé neuf sont :

- la RN 12 section Mortagne/Tourouvre (environ 5 km, soit 60 000 t de granulats) ;
- la RN 12 section Saint Anne / Saint-Maurice les Charencey (environ 7 km, soit environ 85 000 t de granulats) ;
- la déviation sud-est d'Avranches (maîtrise d'ouvrage CG 50), dont une estimation grossière de la consommation en granulats serait de 60 000 t ;
- le demi-contournement sud de Caen est un projet possible, mais non encore programmé à ce jour. En cas de réalisation, le projet prévu serait amené à consommer environ 280 000 t de granulats.

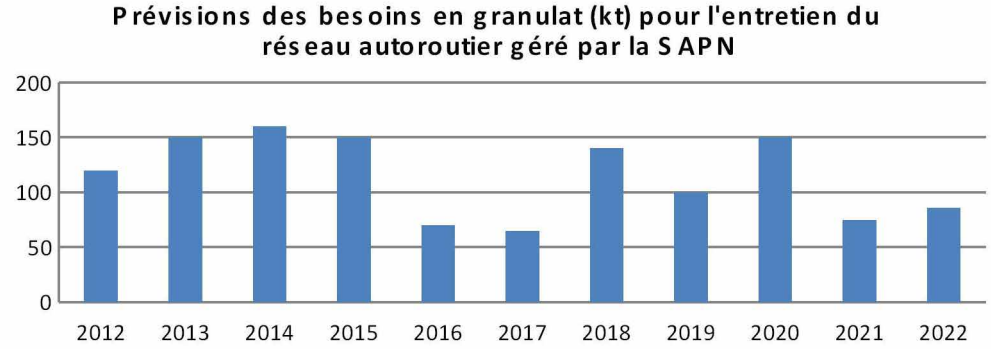
L'aménagement de la RN12 entre Fougères et Alençon pourra également engendrer des consommations importantes de granulats qui ne peuvent être estimées pour le moment car le parti d'aménagement de ce tronçon n'est pas arrêté. Par ailleurs, les travaux éventuels de déviation d'agglomérations ne sont pas inscrits a priori dans le prochain CPER 2014-2020. Ils ne débuteraient donc au mieux qu'après 2020.

Il faut toutefois noter que l'on observe une réutilisation croissante des matériaux. A titre d'exemple, sur la déviation de Loucelles (RN 13), il a été prévu 30% de matériaux recyclés sur les matériaux bitumineux.
Concernant l'entretien préventif du réseau national, la DIR NO (Direction interdépartementale des routes Nord-Ouest) indique une moyenne de 12 000 t/an sur les quatre dernières années. Les deux dernières années ont aussi été marquées par l'utilisation de 16 000 t/an pour les grosses réparations.
En considérant un besoin constant de ces réparations qui s'ajoute à celui de l'entretien préventif, le total estimé pour l'entretien des routes du réseau national s'élève à 28 000 t/an, soit 280 000 t sur 10 ans.
La DIR NO précise par ailleurs que 94% du tonnage des matériaux utilisés pour les enrobés du réseau national proviennent de matériaux de carrières.
Les besoins minimums estimés concernant le réseau national ces 10 prochaines années s'élèvent donc entre 500 000 et 800 000 t selon notamment que le contournement sud de Caen est lancé ou non, soit **50 000 à 80 000 t/an** en moyenne.

## *II - Réseau national concédé*

Il s'agit des autoroutes concédées aux sociétés d'Autoroutes (SAPN, Alis, Alicorne). Les besoins en granulats correspondent à l'entretien programmé du réseau autoroutier (illustration 3.3).
Les besoins totaux en granulats pour la SAPN sont estimés à 1 266 000 t sur 11 ans, soit 115 000 t/an auxquels il faut rajouter une consommation exceptionnelle dans le cadre de l'élargissement à 2X3 voies entre Pont l'Evêque et Beuzeville (350 000 tonnes pour les enrobés).

Illustration 3.3 : Prévision des besoins en granulats pour le réseau autoroutier.



Le total SAPN pour les chaussées est donc estimé à 1 600 000 tonnes pour les 10 prochaines années, soit une moyenne de 160 000 tonnes par an.
Il faut noter que la consommation de ces matériaux peut dépasser le cadre géographique de la Basse-Normandie.

Le total des besoins du groupe SANEF s'établit quant à lui à environ 2 000 000 tonnes sur 10 ans, soit une moyenne **200 000 t/an**. A noter que certains chantiers SANEF hors Basse-Normandie pourront être alimentés par certaines carrières de Basse-Normandie (environ 500 000 tonnes sur 10 ans). Pour les prochaines années, les besoins de A88-Alicorne sont modérés. Il s'agira uniquement de travaux d'entretien courant.

A noter que la réutilisation croissante des fraisats, y compris en couche de roulement, constitue une ressource significative et contribue à réduire la pression sur la demande en granulats neufs. 65 à 70% des fraisats des chantiers SAPN ne sont pas réutilisés par la SAPN. Ces fraisats reviennent à l'entreprise qui s'en sert dans ses formulations d'enrobés en remplacement d'agrégats neufs sur tous ses autres chantiers.

## *III - Réseau départemental de l'Orne*

Les données concernant le réseau départemental de l'Orne ont été récoltées auprès du Conseil Général.
Les projets de développement du réseau routier départemental dans l'Orne sont :

- 2x2 voies Flers-Argentan soit 40 km dont 5 km déjà faits et 75 % de voie nouvelle. Pour ce projet, les besoins sont donc estimés à 700 000 tonnes de granulats ;
- 2x2 voies de déviation petites communes à hauteur de 10 km soit 250 000 tonnes de granulats.

Concernant l'entretien, la consommation prévisionnelle en matériaux de carrière pour l'année 2013 est de 144 500 tonnes (tous matériaux confondus : sables, gravillons, graves, enrobés, matériaux drainants).
Si on répartit les besoins en création de voies nouvelles sur 10 ans, le tonnage de matériaux de carrière nécessaire au département de l'Orne pour une année est donc d'environ **240 000 tonnes de granulats**. On prend comme hypothèse qu'il s'agira d'un besoin constant durant les 10 prochaines années.

## *IV - Réseau départemental de la Manche*

Les données fournies par le Conseil Général de la Manche permettent d'estimer les besoins prévisibles en matériaux pour les travaux de voirie neuve et d'entretien des routes.
En gardant l'hypothèse que la programmation sera linéaire sur les 10 années à venir, les besoins en granulat sont estimés à **202 000 tonnes par an** réparties comme suit :

- déviations d'agglomération (50 000 T/an)
- carrefour, rectification de tracé (15 000 T/an)
- bandes multifonction (26 000 T/an)
- renouvellement de couche de surface : enduits superficiels (53 000 T/an) et béton bitumineux (42 000 T/an)
- ouvrage d'art (investissement et entretien) (16 000 T/an)

La prise en compte de l'environnement dans les appels d'offres se traduit notamment par la revalorisation des matériaux de démolition et autres matériaux (dragage, valorisation de matériaux de décharge...) dans la construction des routes du département de la Manche. Cette disposition peut avoir une incidence notable sur la consommation de matériaux décrite ci-dessus.

## *V - Réseau départemental du Calvados*

Les projets de développement du réseau routier départemental dans le Calvados sont :

- la déviation de Canapville : les besoins sont estimés à 500 000 tonnes de granulats
- la déviation de Bellengreville - Vimont : les besoins sont estimés à 300 000 tonnes de granulats

Concernant l'entretien, la consommation prévisionnelle en matériaux de carrière pour l'année 2014 est de 120 000 tonnes (tous matériaux confondus : sables, gravillons, graves, enrobés, matériaux drainants).
Si on répartit les besoins en création de voies nouvelles sur 10 ans, le tonnage de matériaux de carrière nécessaire au département du Calvados pour une année est d'environ **200 000 tonnes de granulats**. On prend comme hypothèse qu'il s'agira d'un besoin constant durant les 10 prochaines années.

## ► Besoins ferroviaires

RFF a plusieurs projets de ligne grande vitesse en cours dont BPL (Bretagne - Pays de la Loire) et SEA (Sud Europe Atlantique) qui vont engendrer des besoins importants. 10 carrières sont agréées « ballast LGV » en France, dont 2 en Basse-Normandie. Il ne devrait pas y avoir d'assouplissement dans les critères d'agrément. Par conséquent, si les besoins augmentent, les carriers agréés devront augmenter leur production pour répondre aux besoins de RFF.

La décision relative au projet de LNPN (Ligne Nouvelle Paris-Normandie), qui n'est pas une ligne à grande vitesse, est attendue prochainement.

Au niveau des lignes « classiques », des investissements importants sont prévus jusqu'à 2017-2018, dans le cadre des travaux de modernisation et de régénération des infrastructures ferroviaires (environ 1 milliard d'€ par an). On notera les actions prévues suivantes, sans qu'il soit possible de chiffrer les besoins en matériaux correspondants :

- l'amélioration de la ligne Caen-Rouen (2,5 M€ (millions d'Euro) de travaux) ;
- la desserte de la Baie du Mont-Saint-Michel, dans le cadre de l'amélioration des tronçons Folligny – Avranches – Pontorson – Dol-de-Bretagne (investissement total : 89 M€) ;
- la modernisation de la liaison Caen-Le Mans (42 M€ de travaux) ;
- la modernisation de la ligne Paris-Granville (environ 100 M€ de travaux prévus jusque 2015) ;
- Aucune information n'a pu être obtenue sur l'éventuelle amélioration de la ligne Paris-Caen-Cherbourg, bien qu'il semblerait que l'essentiel des travaux d'amélioration, permettant notamment un gain de temps, aient lieu en région parisienne, entre Nanterre et Mantes-la-Jolie et soient susceptibles de faire appel à des granulats en provenance de Basse-Normandie.

Concernant l'entretien courant des lignes de voies ferrées aucun chiffres précis en termes de besoin n'a été formulé, notamment en ce qui concerne le ballast.

## ► Voirie et Réseaux Divers (VRD)

Aucun chiffre précis sur la consommation en matériaux de carrière n'est actuellement disponible sur la région. Seule l'enquête de l'intégralité des entreprises de travaux publics permettrait d'en dresser le bilan, ce qui n'a pu être réalisé dans le cadre de la révision des schémas des carrières.
A défaut, une enquête centrée sur les réseaux d'adduction d'eau a été menée auprès des deux Agences de l'Eau Seine-Normandie (AESN) et Loire-Bretagne (AELB). En ce qui concerne l'AESN, seules les données sur le réseau d'assainissement sont disponibles. Elles ne concernent par ailleurs que les seuls travaux auxquels participe financièrement l'AESN.
L'estimation du tonnage de matériaux consommé pour la création et l'entretien de VRD n'a pas pu être faite à partir de ces données.

Une étude faite en 2000 sur le patrimoine français « réseau d'adduction d'eau » présente des données sur le réseau de la Manche. Les résultats disponibles semblent difficilement transposables aux autres départements sans conduire à des approximations non négligeables. Toutefois, s'agissant de la donnée la plus fiable disponible, il a été convenu de l'utiliser.

La Manche disposait ainsi en 2000 d'un réseau d'une longueur de 12 110 km. Il s'agit du plus important réseau recensé dans l'étude, la moyenne se situant à 8100 km par département. Le réseau du Calvados est également estimé à plus de 10 000 km et celui de l'Orne serait compris entre 9 000 et 10 000 km. A un rythme de renouvellement annuel de 0,6 %, chiffres nationaux, les trois départements bas-normand renouvelleraient donc environ 200 km de réseau chaque année. En prenant une hypothèse de tranchée mesurant 1 m de large sur 0,5 m de profondeur, le volume de matériaux nécessaire au comblement de 200 km serait de 100 000 m3/an, soit environ **200 000 t/an en granulats** sur les 3 départements. Il s'agit toutefois ici d'une estimation très approximative.

# ► Les besoins particuliers ou ponctuels

## *I - Projets routiers*

En partie évoqués dans le paragraphe concernant les besoins routiers, on notera deux grands projets routiers qui peuvent être considérés comme des besoins ponctuels :

- Le demi-contournement sud de Caen, dont on a vu qu'il pourrait nécessiter près de 300 000 t de granulats,
- La 2x2 voies Flers / Argentan, dont on a vu qu'elle nécessitera 700 000 t de granulats dans les 10 prochaines années.

## *II - LNPN*

Ce projet en est encore à l'étude de faisabilité. S'il voyait le jour, les besoins en matériaux arriveraient probablement au-delà de l'horizon 10 ans, donc hors du champ d'application du présent schéma.
Toutefois, de premières estimations méritent d'être faites, notamment pour les besoins en ballast.

Il paraît important de noter que le projet prévoit une vingtaine de km de voies nouvelles en Basse-Normandie, et de l'ordre de 200 km de voies nouvelles en Haute-Normandie.
Hors ballast, la partie bas-normande et, selon leur proximité, une partie des sections haut-normandes auront des besoins en matériaux issues de la Basse-Normandie.

Concernant les ballasts, il paraît très probable que l'essentiel de l'alimentation provienne des carrières agréées de Basse-Normandie de par leur proximité. Aussi, cette construction nécessiterait un minimum d'1 Mt de ballast si elle avait lieu.

## *III - Eoliennes en mer*

La mise en place d'un programme d'éoliennes en mer nécessite des installations portuaires adaptées. Pour le site de Cherbourg-Octeville, l'accueil des projets d'éoliennes nécessiterait pour les terre-pleins 450 000 t d'enrochement dont 330 000 t en éléments de 2 à 5 t et 120 000 t en éléments de 0,5 à 1 tonnes. Pour les corps de chaussées, les besoins seraient de 290 000 m3 soit un total de 522 000 tonnes. Cela correspond à la création d'un site d'accueil d'environ 30 ha.
Ce programme est validé mais les détails des installations ne sont pas encore communiqués. Il va toutefois très probablement y avoir une demande rapide **proche d'1 million de tonnes en matériaux de carrières** au niveau du port de Cherbourg-Octeville pour la mise en place du parc éolien de Courseulles-sur-Mer.

Concernant l'installation des éoliennes en mer (fondations, bétons…), les besoins sont estimés à 37 000 m3, soit environ 80 000 t de granulats.
Enfin, un site est aussi prévu au niveau de Fécamp. Bien que ce site soit en Haute-Normandie, les besoins en granulats pourraient concerner la Basse-Normandie. Les besoins évoqués pour l'instant sont compris entre 1 et 2 Mt de granulats.

## *IV - Protection contre la mer*

Les projets de défense contre la mer ne sont pas validés actuellement. Aucun chiffrage n'est donc accessible.

## V - Zones d'activités

Plusieurs zones d'activités, tertiaires ou commerciales sont prévues à horizon 10 ans. Il s'agit notamment :

- du réaménagement de la presqu'île de Caen ;
- de la zone commerciale ouest d'Alençon (2ème tranche) ;
- de la ZAC EPRON Est (65 Ha urbanisés en logements et locaux non résidentiels) ;
- de l'extension de la zone d'activité Mondeville 2.

Ces projets n'ont pas été estimés en terme en matériaux.

## VI - Reconstruction CHU Caen

Aucun chiffre n'a été diffusé par l'équipe du projet étant donné son état d'avancement et l'absence de validation ministérielle.
A titre d'hypothèse, on peut néanmoins retenir les chiffres suivants :

- pour 1000 lits, les besoins varient entre 170 000 et 320 000 t de granulat et entre 38 000 et 71 000 t de ciment selon le type de construction ;
- pour 140 000 m², soit l'hypothèse prise en compte par le groupe de travail), 182 000 à 420 000 t de granulats et 40 000 à 93 000 t de ciment.

On retiendra un ordre d'idée de 300 000 t de granulats et 60 000 t de ciment.

## VII - Construction de centres pénitentiaires

Deux nouveaux centres pénitentiaires sont a priori prévus dans la région dans la décennie à venir (projets non confirmés à ce jour). Le plus important est celui de Caen avec 569 places en 2017 et le deuxième est celui de Saint-Lô avec 537 places. Leurs besoins estimés en matériaux sont dans le tableau ci-contre.
Le centre pénitentiaire de Caen pourrait intervenir dans la décennie suivante.

| | Caen | Saint-Lô |
|---|---|---|
| béton (m3) | 25 500 | 24 000 |
| granulat (t) | 46 000 | 43 500 |
| ciment (t) | 10 000 | 9 700 |

## VIII - EPR réacteur nucléaire de Flamanville

Les travaux étant en cours d'achèvement, les besoins en matériaux ne concernent a priori plus le présent schéma.

## IX - Port de Granville

Un projet susceptible d'aboutir en 2017 prévoit l'extension du port de Granville.
Les grandes lignes du projet sont :

- de meilleures conditions de travail et la création d'espaces dédiés pour les pêcheurs
- l'augmentation de la capacité d'accueil pour les bateaux de plaisance, 700 places « en eau » et 300 places « à sec »
- l'amélioration des temps d'accès et des équipements nautiques pour les liaisons maritimes passagers
- la valorisation des espaces urbains jouxtant le port et des quais Sud et d'Orléans, source d'animation et de valorisation économique pour l'équilibre financier du port

Les principaux ouvrages, infrastructures portuaires et volumes théoriques de matériaux sont :

- un nouveau terre-plein d'environ 4 m en remblais : 250 000 m³ de matériau d'apport
- une digue de protection de ce terre-plein de 500 m de long en structure mixte de 150 000 tonnes d'enrochements et d'un parapet béton
- une jetée en caisson béton type Jarlan de 400 m de long

# Les modes d'approvisionnement et de transport

Ce chapitre fait appel à deux types de données en matière de transports de matériaux :

- Les données SITRAM (Système d'information sur le transport de marchandise) 2009-2010 du MEDDE (ministère de l'écologie développement durable énergie) qui permettent de connaître les flux routiers de marchandises. Les données sont issues d'enquêtes réalisées auprès des poids lourds ; elles sont ensuite agrégées par zone géographique (bassin de vie dans le présent document)
- Les données 2010 de l'UNICEM, issues de leurs études relatives aux approvisionnements, permettent d'évaluer les niveaux des demandes et des productions de granulats ainsi que les flux quel que soit le mode de transport.

Les différences d'hypothèses dans les données expliquent les variations de tonnages observées entre les deux enquêtes.

Les cartographies établies sur la base des données SITRAM ne prennent pas en compte les produits de carrières spécifiques, les sous-produits et les produits transformés à proximité immédiate des carrières.

## ► Transport de granulats en Basse-Normandie tous modes confondus

### *I - Trafic interne à la Basse-Normandie - données Sitram*

Les transports de granulats internes à la région Basse-Normandie se font exclusivement par la route.
Le fait que les flux routiers soient essentiellement intra – zone, ou entre deux zones contiguës, tend à montrer l'importance des carrières de proximité qui sont les plus sollicitées pour les différents travaux réalisés dans les départements bas-normands.

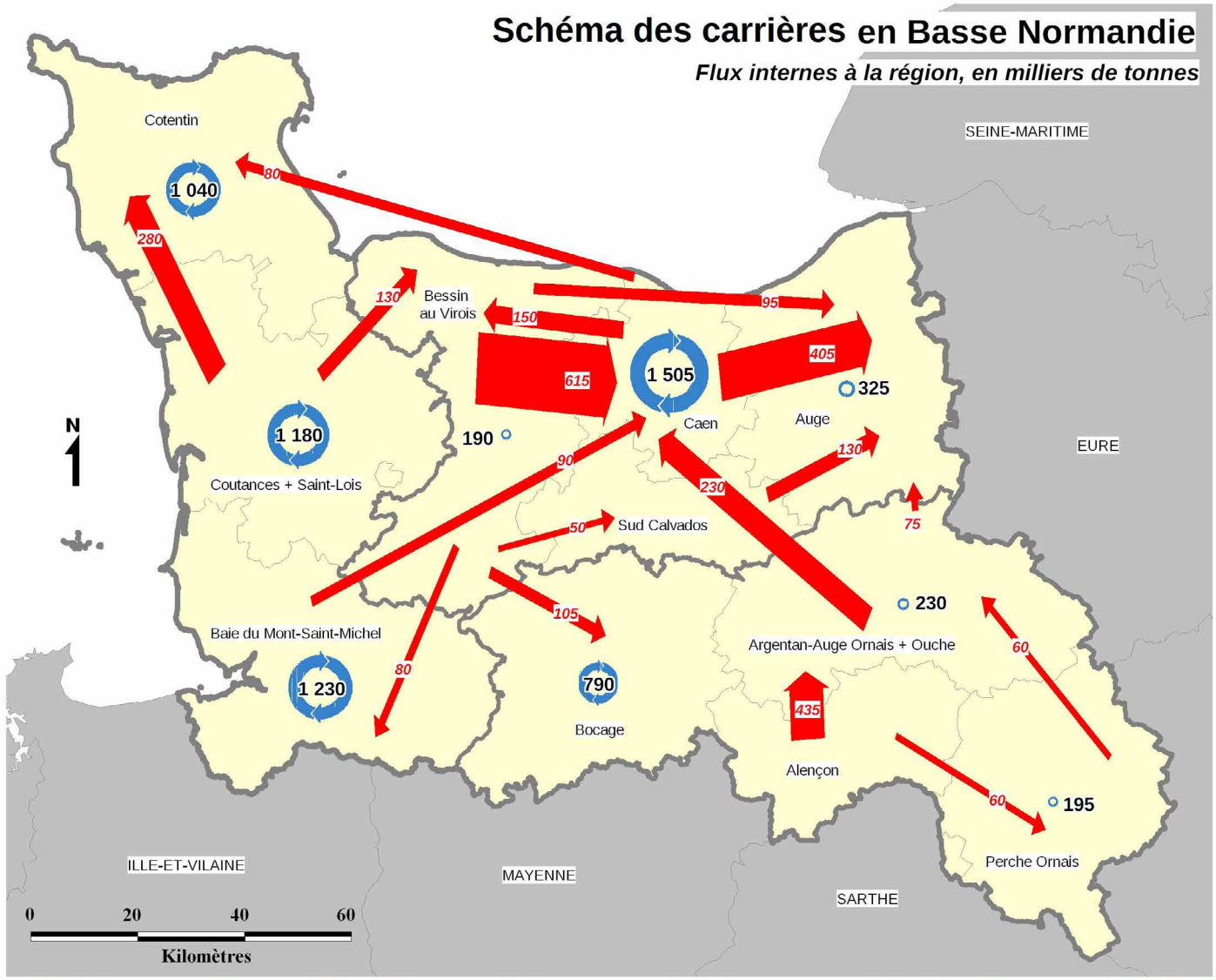
Les enjeux en termes de report modal du transport routier de granulats dans la région Basse – Normandie paraissent limités au regard des flux importants internes aux bassins de vie (7 millions de tonnes, en bleu sur la carte), les flux inter bassins de vie représentent eux 3 millions de tonnes. La majorité du transport se fait en intra - départemental (10 millions de tonnes) sur des distances inférieures à 100 kms. Le transport ferroviaire n'est pas adapté pour de telles distances. En ce qui concerne la Basse – Normandie, les flux ferroviaires de plus faibles distances recensés par RFF font 80-100 km, alors que la moyenne en 2006 des flux de granulats bas – normands par la route était de 43 Kms.

Les principaux flux à destination du bassin de vie de Caen (1 million de tonnes, moyenne 2009/2010) peuvent s'expliquer par une forte concentration de centrales à béton et d'usines de préfabrication, et au fait qu'il s'agit d'un secteur peuplé où la construction de logement est soutenue. L'autre flux important est à destination du Pays d'Auge (630 000 tonnes, moyenne 2009/2010) et s'explique par le faible nombre de carrières en exploitation sur ce secteur ; ce constat est confirmé par les données de l'UNICEM : 0 tonne de granulat extrait en 2010 sur le Pays d'Auge.

CETE Normandie Centre

# Schéma des carrières en Basse Normandie

*Flux internes à la région, en milliers de tonnes*




**LEGENDE**

*Flux internes*

1 500

750

150

Flux externes

Copyrights :
BDCarto ® © IGN Paris - Reproduction interdite
Source: SITRAM 2009-2010
Réalisation : CETE NC/DADT/TPM
Date : 06/2012

# *II - Trafic externe à la Basse - Normandie*

## ■ Trafic externe par mode routier

Les flux de granulats externes à la Basse Normandie sont caractérisés par de fortes exportations et de faibles importations comme le montre la carte ci-dessous.

Le transport routier de granulats à destination de la Haute – Normandie à partir du Calvados représente 1 300 000 Tonnes (moyenne 2009/2010). Cette région produit de moins en moins de matériaux (restriction de la production d'alluvionnaires), et doit faire appel aux importations pour sa propre consommation, alors que par ailleurs une partie de sa production est exportée en région parisienne. En plus de cet aspect quantitatif, cette région manque qualitativement de certains produits comme les éruptifs. Les secteurs destinataires haut-normands sont principalement les bassins de vie de Rouen, Évreux et Le Havre où l'activité du BTP est a priori soutenue. Cet aspect qualitatif explique également les flux d'alluvionnaires existant dans l'autre sens de la Haute vers la Basse-Normandie.

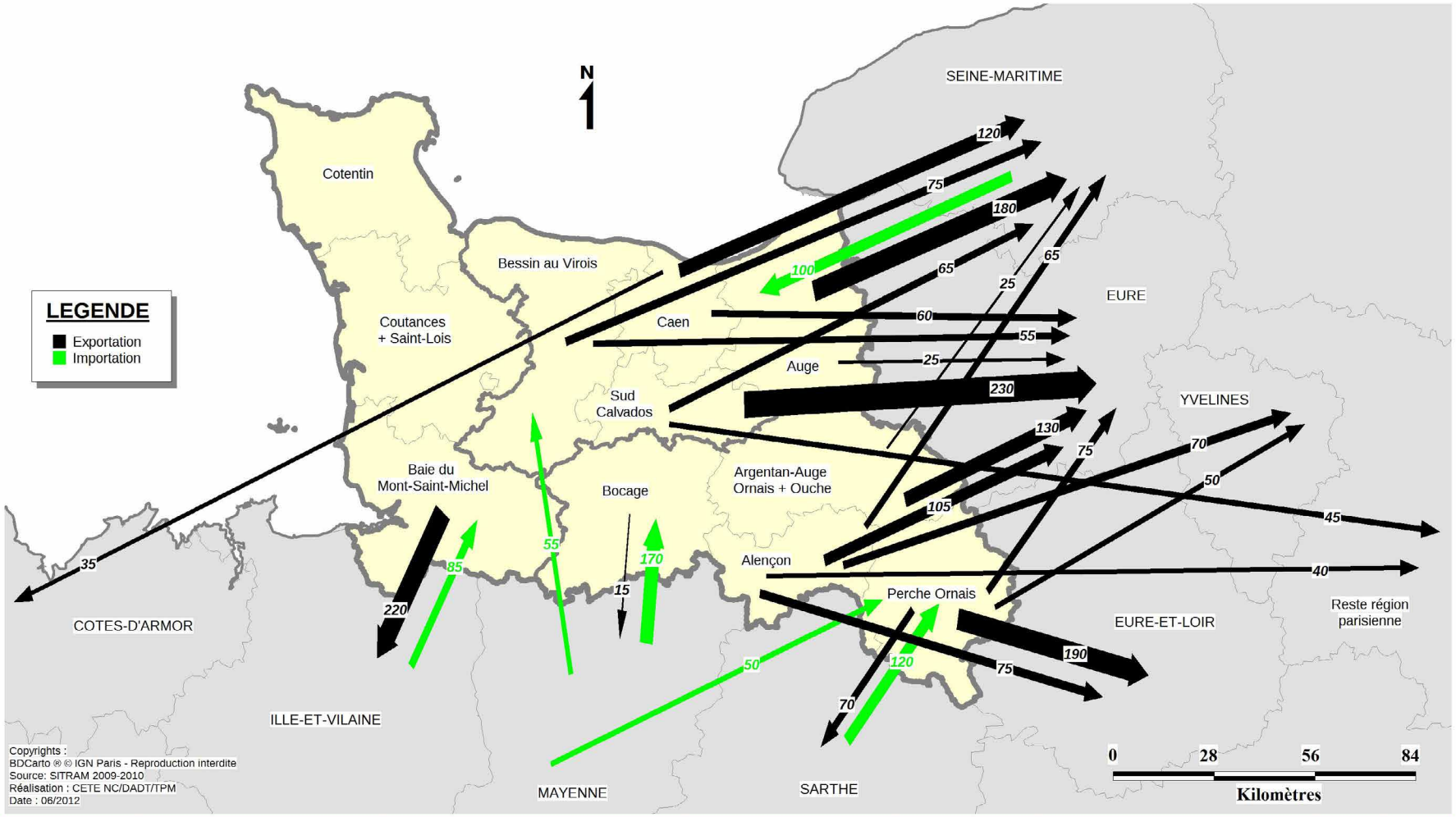
De même, le transport de granulat entre le département de l'Orne et l'Île-de-France représente 200 000 tonnes (moyenne 2009/2010). Une partie de ces flux est aujourd'hui transportée par voie ferroviaire (voir chapitre suivant), cette part modale pourrait croître.

Seuls les flux de plus de 100 000 tonnes sont représentés sur la cartographie suivante et la précédente, c'est pourquoi certains bassins de vie n'apparaissent pas comme consommateurs de granulats (Alençon notamment).

CETE Normandie Centre

# Schéma des carrières en Basse Normandie

***Flux externes à la région, en milliers de tonnes***




Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

*http://www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr*

## ■ Trafic externe à la région par voie ferroviaire

### Carrière de Chailloué (Surdon 61), (emplacement n°1 sur la carte)

Cette carrière produit des granulats et ballast de haute qualité agréés LGV. Le transport par mode ferroviaire était utilisé à hauteur de 400 000 tonnes en 2009, ce qui représente 308 trains. (source RFF)
Ses principales destinations se situent en Île de France et en Haute Normandie.

### Carrière de Vignats (Montabard 61), (emplacement n°2 sur la carte)

Cette carrière produit des granulats et ballast de haute qualité agréé LGV, son autorisation d'exploitation expire en 2031. L'embranchement ferroviaire est utilisé par la carrière depuis 1992. En 2009 la carrière a acheminé 420 500 tonnes, cela représente 341 trains pour le transport des granulats. (source RFF)
Ses principales destinations se situent en Île de France et en Haute Normandie.

### Nouvelle acteur utilisateur du fer : Carrières de Vaubadon (14), (emplacement n°3 sur la carte)

Cette carrière localisée à l'Ouest du département du Calvados produit actuellement 1 million de tonnes / an. (source RFF)
La création d'une nouvelle Installation Terminale Embranchée (ITE) en novembre 2012 à partir d'une ITE non utilisée appartenant à la ville de Bayeux, doit permettre d'augmenter l'aire de chalandise.
Il s'agit d'une plate-forme granulat rail – route, les granulats seront transportés entre la carrière et la plate-forme par route.
Le démarrage du trafic par le fer est prévu pour fin 2012.
Ses principales destinations se situent en Seine Maritime.



### Embranchement ferroviaire potentiellement utilisable pour le transport de granulats à Blainville (emplacement n°4)

Il existe un embranchement à Blainville pour lequel les exploitants de carrières disposent d'une autorisation valide et qui sera remise en service.

Les différentes carrières exportatrices par voie ferroviaire et les zones de réception sont représentées sur la carte suivante.

### Impact de la Ligne Nouvelle Paris Normandie (LNPN)

Les différentes carrières qui utilisent le mode ferroviaire approvisionnent déjà des bassins de consommation situés en Île-de-France et en Haute Normandie.
La LNPN (opération pour laquelle la décision de poursuivre les études préalables à l'enquête d'utilité publique a été prise par RFF en avril 2012) engendrera, si elle se réalise, la disponibilité de sillons pour le fret, sur la ligne Paris – Le Havre largement saturée aujourd'hui. Il y aura donc un impact positif pour le fret empruntant les voies de cet axe. Pour les deux carrières situées dans l'Orne, il y aura ainsi possibilité de densifier les échanges avec la Haute Normandie. Les échanges avec l'Île-de-France pourraient être moins impactés, car leur itinéraire ferroviaire probable vers Paris ne passe pas par Rouen et Mantes, mais plutôt par la ligne Paris-Granville.

## ■ Flux de granulats par voie maritime

Les flux de transport de granulats par voie maritime sont faibles au regard des tonnages transportés par les autres modes comme le montrent les tableaux ci-dessous.

### Port de Cherbourg (source PNA)

PNA (Ports Normands Associés) : gère les ports de Cherbourg et de Caen-Ouistreham
Le trafic de matériaux de carrière en export à partir du seul port de Cherbourg est le suivant :

| | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|
| Sables | 4 236 t | | |
| Enrochements | | 12 953 t | 14 670 t<br>dont 8570 t à destination du port de Bordeaux et<br>6 100 t à destination du Royaume Uni |

### Grand Port Maritime de Rouen (Honfleur) (source GPMR)

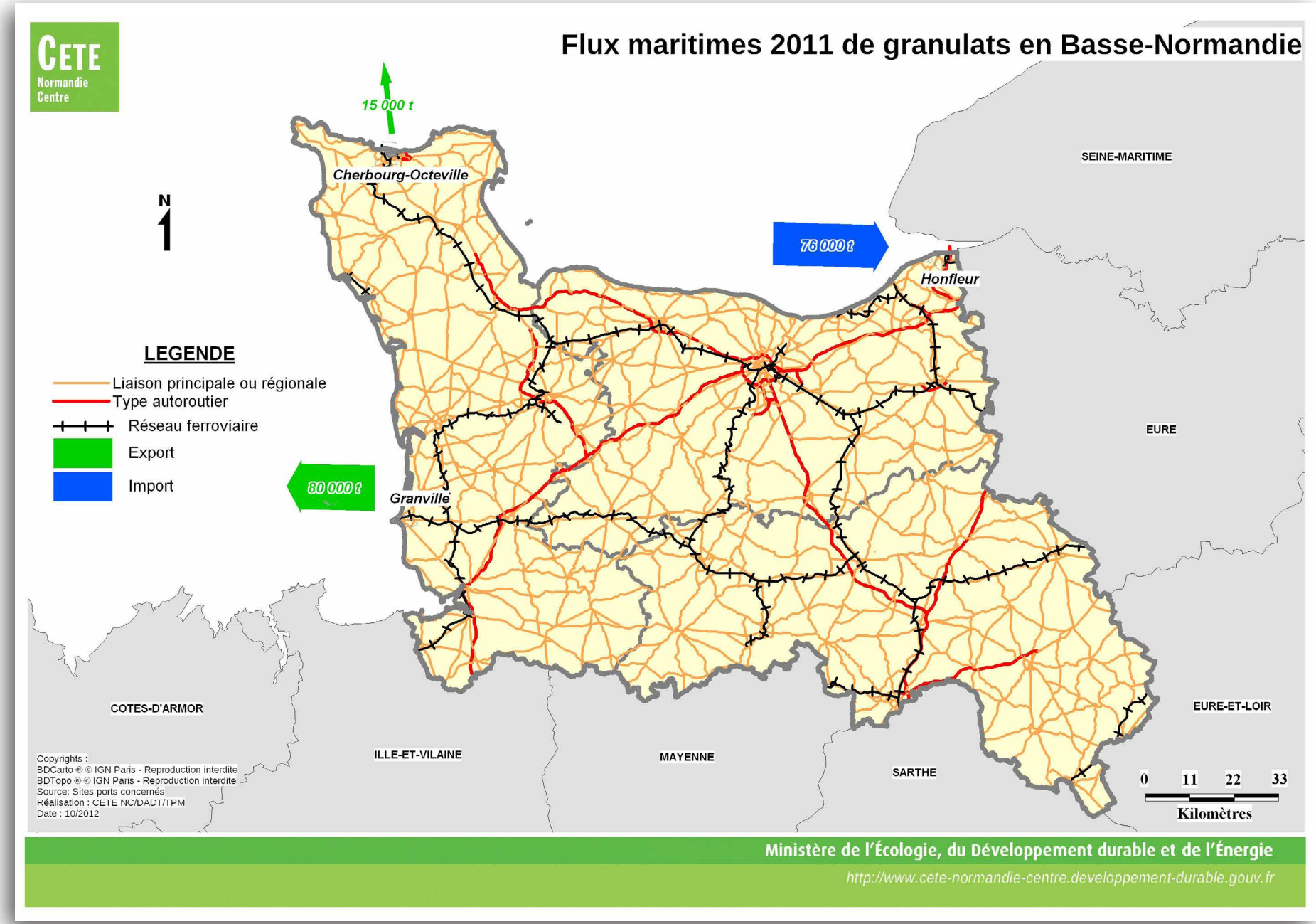
L'activité granulats marins du site de Honfleur est la suivante :

| | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|
| Import (en tonnes) | 75 210 | 83 046 | 76 109 |

### Port de Granville (source CCI Sud Manche)

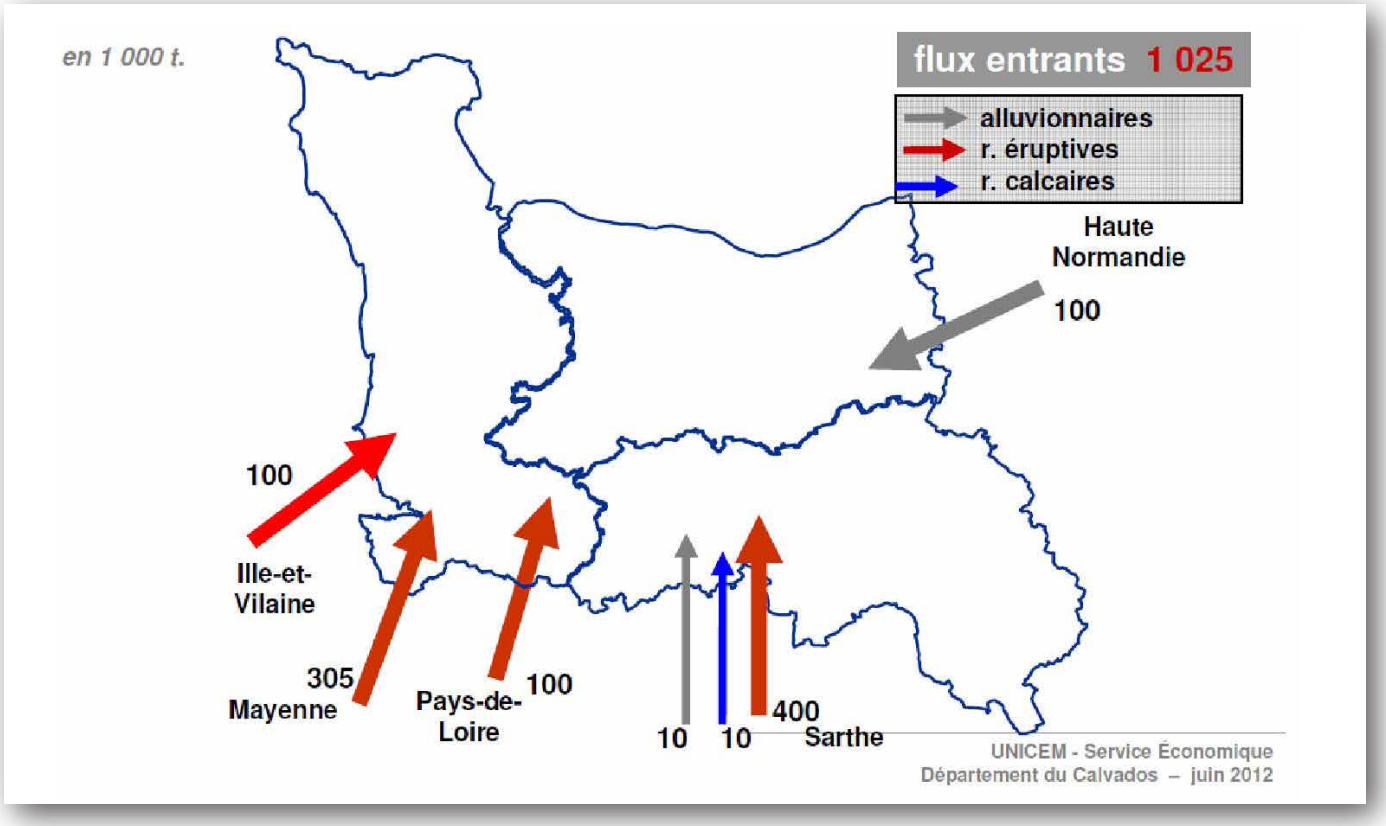
Le port de Granville comporte un trafic fret de granulats pour les usages BTP, uniquement destiné à l'exportation vers l'Angleterre avec les volumes suivants :

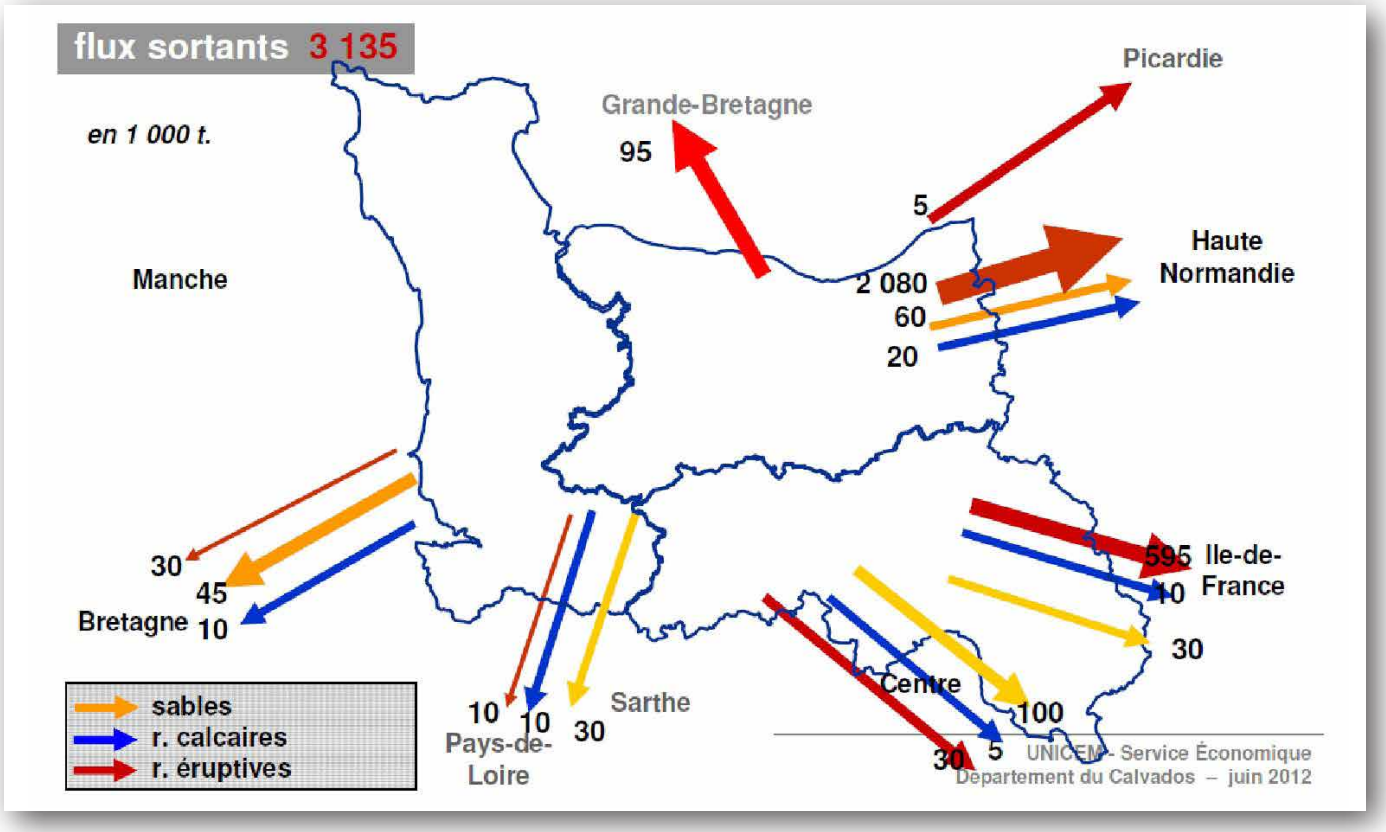
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|---|
| Graviers (en tonnes) | 85 979 | 99 483 | 99 189 | 56 656 | 80 083 |

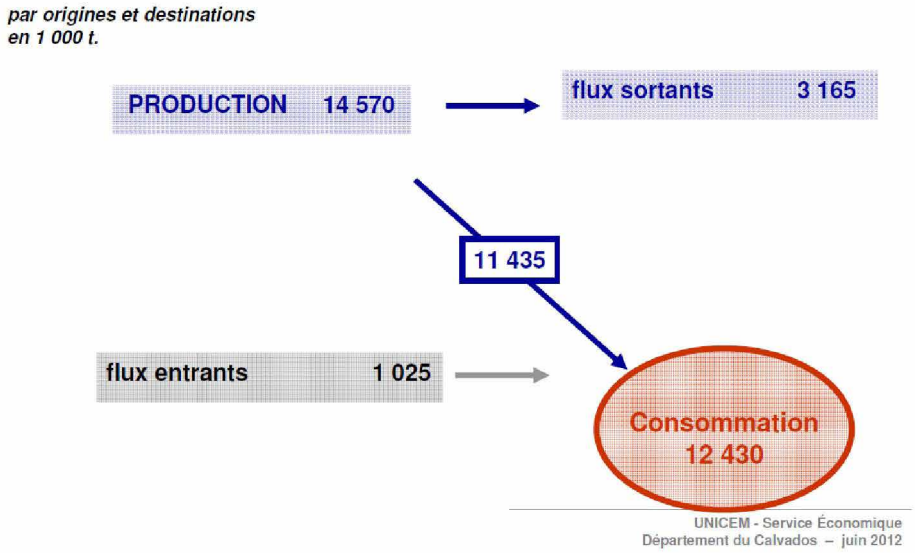

Flux maritimes 2011 de granulats en Basse-Normandie
CETE Normandie Centre
15 000 t
Cherbourg-Octeville
N
76 000 t
Honfleur
LEGENDE
Liaison principale ou régionale
Type autoroutier
Réseau ferroviaire
Export
Import
80 000 t
Granville
SEINE-MARITIME
EURE
EURE-ET-LOIR
COTES-D'ARMOR
ILLE-ET-VILAINE
MAYENNE
SARTHE
0 11 22 33
Kilomètres
Copyrights :
BDCarto ® © IGN Paris - Reproduction interdite
BDTopo ® © IGN Paris - Reproduction interdite
Source: Sites ports concernés
Réalisation : CETE NC/DADT/TPM
Date : 10/2012
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
http://www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr

## ■ Synthèse des flux externes à la Basse-Normandie

Les analyses suivantes entre la production et la consommation par département sont issues des études menées en 2011-2012 par l'UNICEM sur des données 2010, tous modes de transport confondus.





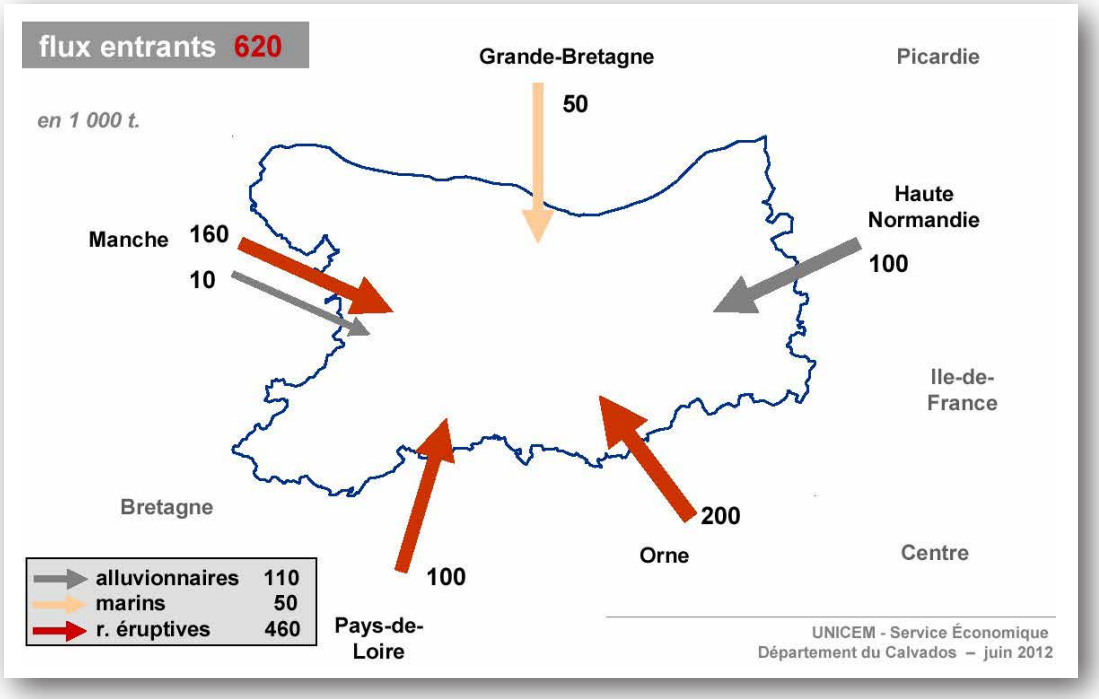

Le schéma ci-dessus montre que la région Basse-Normandie consommait 12,43 millions de tonnes de granulats pour une production de 14,57 millions de tonnes.

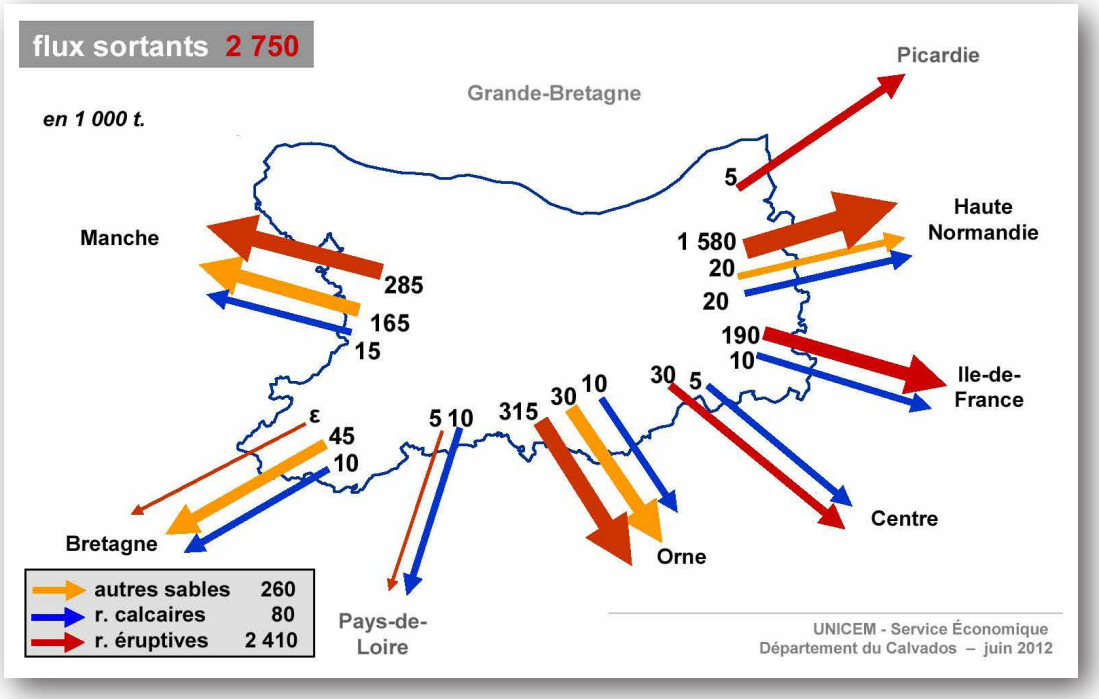
## III - Transport de granulats, analyse par département

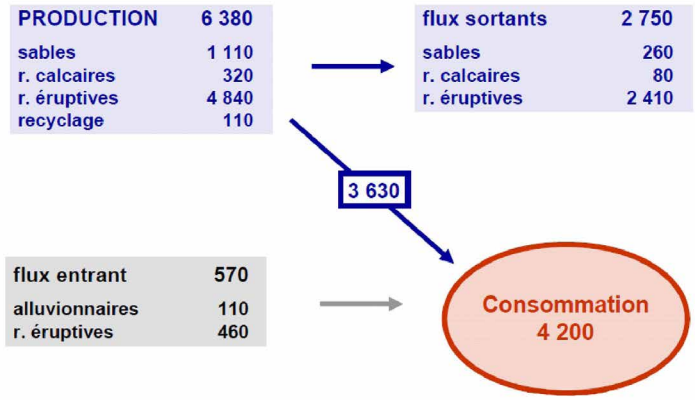
Les analyses suivantes entre la production et la consommation par département sont issues des études menées en 2011-2012 par l'UNICEM sur des données 2010, tous modes de transport confondus.

### ■ Transport de granulats pour le Calvados

Les matériaux à usage de granulats produits dans la région pour la consommation régionale sont transportés exclusivement par la route.
Les flux représentés sont en milliers de tonnes.





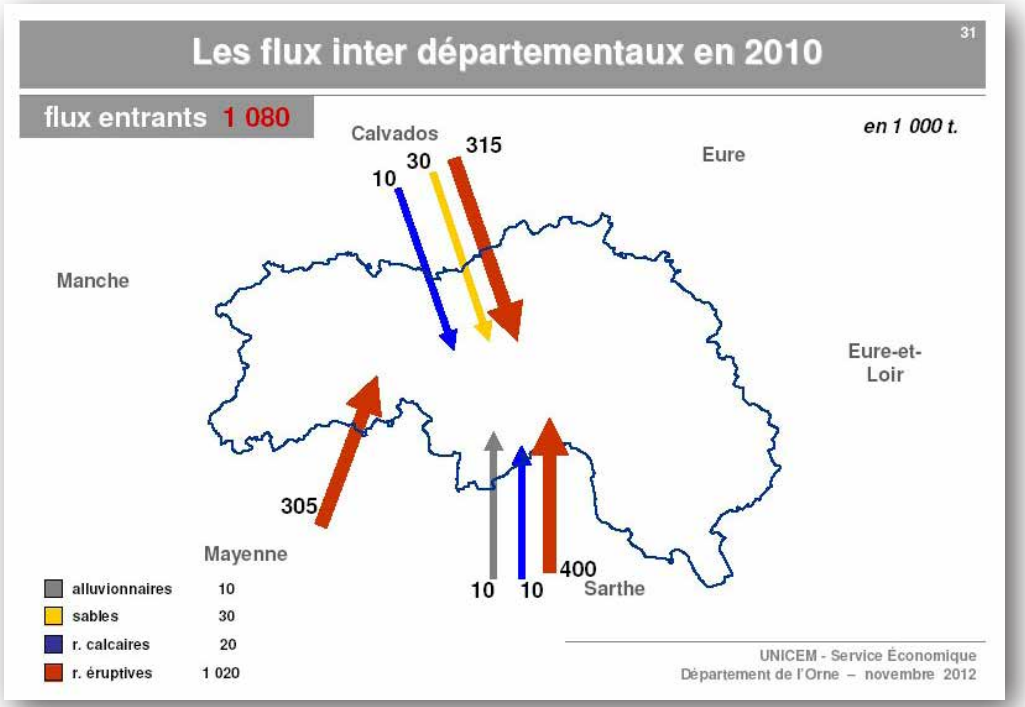



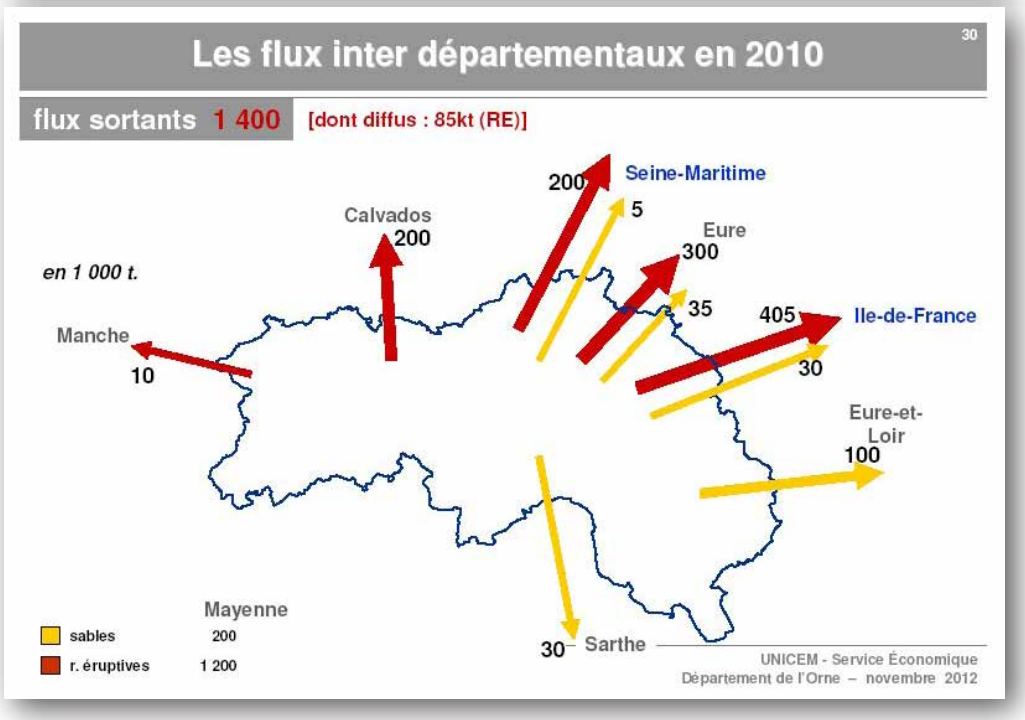

Ce schéma n'intègre pas les flux entrant de granulats marins venant de Grande-Bretagne.

Le schéma ci-dessus montre que le département du Calvados importait 570 000 tonnes de granulat en 2010, tandis que les flux sortants représentaient 2 750 000 t, notamment en raison des besoins de la Haute-Normandie.

## ■ Transport de granulats pour l'Orne

Les matériaux à usage de granulats produits dans la région pour la consommation régionale sont transportés exclusivement par la route.
Les flux représentés sont en milliers de tonnes.




*par substances*
*en 1 000 t.*

| PRODUCTION | 3 230 |
|---|---|
| sables | >500 |
| r. calcaires | <20 |
| r. éruptives | 2 710 |

| flux sortants | 1 400 |
|---|---|
| sables | 200 |
| r. éruptives | 1 200 |

1 830

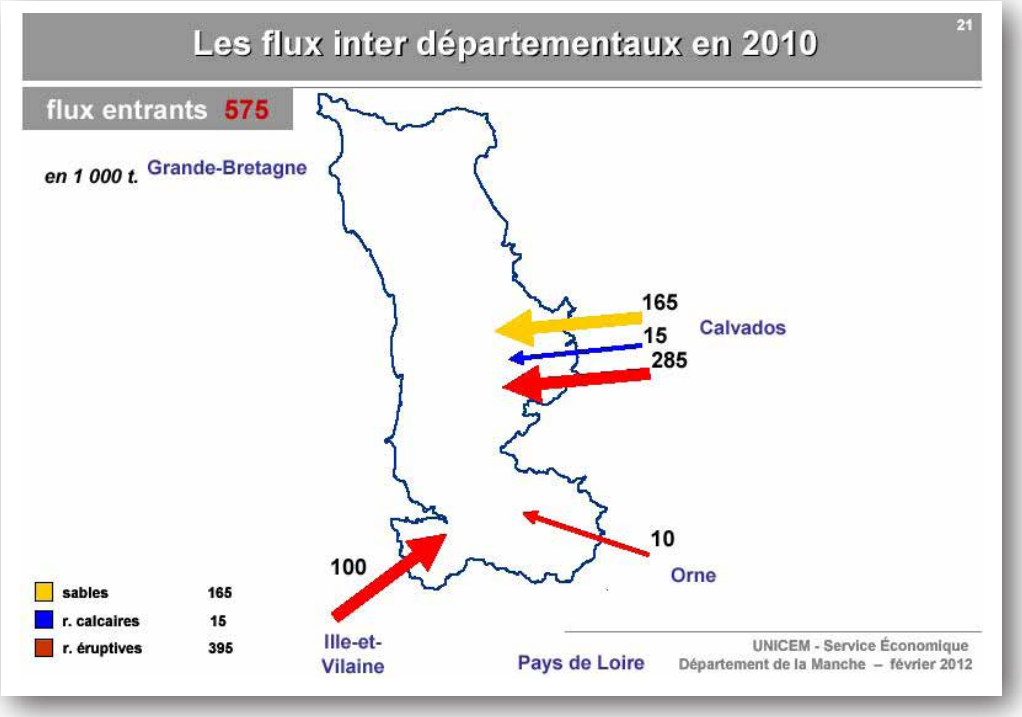
| flux entrant | 1 080 |
|---|---|
| alluvionnaires | 10 |
| sables | 30 |
| r. calcaires | 20 |
| r. éruptives | 1 020 |

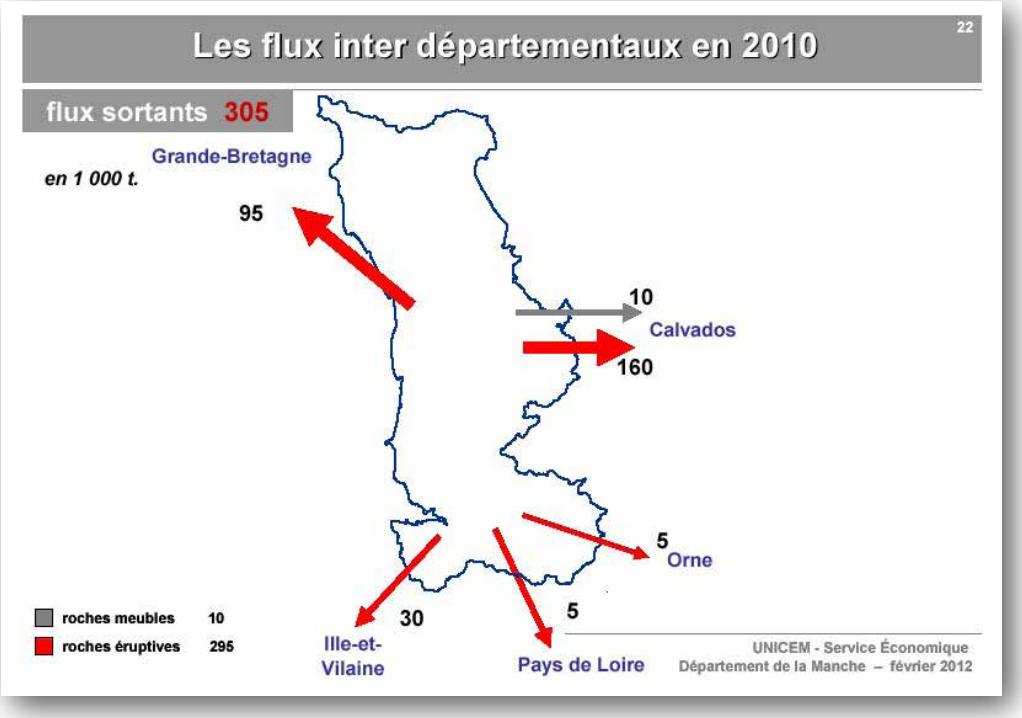
Consommation
2 910

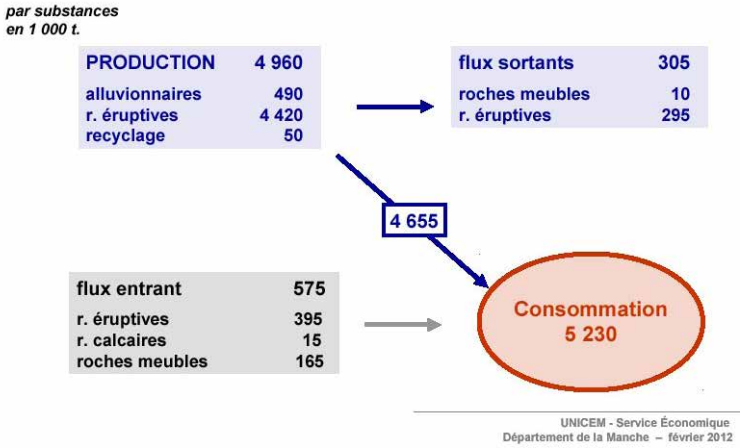
Ce schéma montre que le département de l'Orne consommait 2,91 millions de tonnes de granulats pour une production de 3,23 millions de tonnes.

## ■ Transport de granulats pour la Manche

Les matériaux à usage de granulats produits dans la région pour la consommation régionale sont transportés exclusivement par la route.
Les flux représentés sont en milliers de tonnes.






Le schéma ci-dessus montre que le département de la Manche consommait 5,23 millions de tonnes de granulats pour une production de 4,96 millions de tonnes.

# ► Les caractéristiques selon le mode de transports

Il existe trois modes de transport utilisés ou potentiels pour l'acheminement des matériaux de carrières sur leur lieu d'utilisation : la route, la voie ferrée et la voie maritime.

## *I - Les distances parcourues selon le mode de transport*

### ■ Transport routier de granulats

La route est le mode de transport quasiment exclusivement utilisé pour les petits parcours, très majoritaires (plus de 80 % des transports font moins de 90 km en 2009-2010) pour des raisons de souplesse et de coût. C'est aussi le seul mode de transport qui n'implique pas de rupture de charge, laquelle entraîne des coûts et des délais supplémentaires. Ce mode de transport présente néanmoins des inconvénients (traversées d'agglomération, dégradations de chaussées ...).
Les données sont extraites de SITRAM pour la partie granulat (une partie de la rubrique NST6 de la nomenclature 1974 du transport de marchandises). Les chiffres montrent pour la région Basse – Normandie des distances parcourues par camions représentant en moyenne 45 kms pour l'année 2009, ce qui est plus important que dans le reste de la France où la distance moyenne parcourue est de l'ordre de 30 kms car la Basse-Normandie est principalement une région exportatrice.

Le tableau suivant montre la répartition des distances parcourues par classe de distance et permet de constater que 65 % des transports de granulats se font sur des distances inférieures à 50 kms :

| classe de distance | ratio du total |
|---|---|
| moins de 10 km | 16% |
| entre 10 et 20 km | 17% |
| entre 20 et 30 km | 12% |
| entre 30 et 40 km | 13% |
| entre 40 et 50 km | 7% |
| entre 50 et 60 km | 6% |
| entre 60 et 70 km | 6% |
| entre 70 et 90 km | 7% |
| entre 90 et 120 km | 8% |
| 120 km et plus | 8% |

### ■ Transport ferroviaire de granulats

Le transport par voie ferrée est utilisé pour les transports massifiés d'un point A à un point B (desserte de certains gros sites industriels consommateurs de granulats), ou les transports multimodaux avec éclatement routier à l'arrivée (plate-forme de distribution de matériaux). Il est utilisé pour des transports supérieurs à 80-100 kms. Le transport de granulats par mode ferroviaire se fait exclusivement vers l'extérieur de la région Basse – Normandie et pour des distances moyennes comprises entre 210 et 250 kms selon les années. Cela représente 5 % du total des flux et principalement à destination de l'Île-de-France et la Haute Normandie.

Si on observe les flux de transport de granulat spécifiquement à destination de la Haute Normandie et de l'île de France, la part ferroviaire s'élève respectivement à 16% et 58% selon les données SITRAM 2006 (derniers chiffres disponibles sur le fret ferroviaire). Si on observe pour la même année la part ferroviaire pour les flux internes à la Basse-Normandie, cette dernière est nulle.

En plus des raisons économiques abordées précédemment, le transport de granulats par voie ferroviaire est contraint techniquement par la nécessité d'utiliser des trains lourds (charge à l'essieu importante) et d'emprunter des pentes inférieures à 1%. Cela ne pose pas problème sur le réseau principal, mais peut rendre plus difficile l'emprunt de voiries secondaires en mauvais état (cas de la voie Alençon/Neuvy sur Barangeon) et la construction d'un nouvel embranchement.

### ■ Transport maritime de granulats

Le transport par voie maritime est uniquement utilisé pour les exportations vers la Grande – Bretagne, les îles anglo-normandes et les importations de granulats marins à Honfleur pour des tonnages relativement négligeables.

## *II - Les émissions de $CO_2$ selon le mode de transport*

### ■ Émissions de $CO_2$ liées au transport routier de marchandises

Selon l'ADEME, les émissions de $CO_2$ liées au transport routier de marchandises, en tenant compte d'un chargement de 25 T par poids lourds et de 50% de retour à vide, sont de 80g $CO_2$\t.km(transport uniquement).

### ■ Émissions liées au transport ferroviaire de granulat

Le ratio ADEME pour le transport de granulats par voie ferroviaire et par traction thermique estime les émissions de gaz à effet de serre à 50 g $CO_2$\t.km, cela tient compte d'une moyenne de charge de 300 tonnes en moyenne par trains de fret. Les trains de fret à traction thermiques sont plus émetteurs que les trains électriques. Or la traction thermique semble la seule utilisable, car d'une part en Basse-Normandie seul l'axe Paris-Caen-Cherbourg est électrifié, et d'autre part l'utilisation de la traction électrique nécessite l'électrification de l'ITE de départ et de celle d'arrivée, sauf à envisager des changements de locomotives en cours de route, ce qui est contraignant et coûteux.
Ce ratio apparaît cependant sur-estimé par les acteurs du transport ferroviaire qui évaluent entre 14 et 34 g $CO_2$\t.km les émissions de $CO_2$ pour une consommation moyenne de 3,5l / km pour les trains Fret. En effet les trains de fret de granulat sont mieux chargés (1300 tonnes) que dans le cas général, ce qui a tendance à faire baisser les émissions unitaires de $CO_2$ par tonne transportée.

### ■ Émissions de $CO_2$ liées au fret maritime

Le tableau suivant fait la synthèse des émissions de $CO_2$ liés au cabotage maritime en fonction de la taille du bateau (Source MEDDE) :

| Type de vraquiers | Emissions de $CO_2$ par tonne-km |
|---|---|
| Panamax | Entre 4 et 6 g |
| Handymax | Entre 2,5 et 3,5 g |
| Handysize | Entre 8 et 10 g |
| Petit vraquier / fluvio maritime | Entre 12 et 16 g |

L'accueil des différents types de bateaux dans un port donné dépend principalement du tirant d'eau des accès et des quais, mais aussi des capacités de traitement et de stockage disponibles. L'utilisation d'un type de navire donné dépend plus généralement des caractéristiques du transport : plus la demande de transport concerne des distances et des tonnages importants, plus des navires importants auront tendance à être utilisés.

Cependant, les ports bas-normands ne sont concernés que par les petits vraquiers.

## *III - Les modes d'approvisionnement futurs*

Les besoins totaux de granulats exprimés ne devraient pas varier fortement dans les dix prochaines années.
Les productions de matériaux en Basse Normandie permettront donc de couvrir les besoins internes de la région et une partie des besoins externes des régions Haute-Normandie et Île-de-France.

Comme vu précédemment le transport routier de marchandises dans la région Basse-Normandie se fait essentiellement sur des distances courtes. Sur ces courtes distances, les fluctuations du prix du carburant n'ont que peu d'incidences sur l'évolution des modes de transport des matériaux de carrière.

En revanche l'intensification des flux à destination de l'Île-de-France et la Haute Normandie devrait se traduire par un report modal plus important sur le train.

# Les zones à enjeux environnementaux dont la protection doit être privilégiée

## ► Les données à prendre en considération

La liste des données environnementales prises en considération dans le cadre de la révision des schémas départementaux des carrières de Basse-Normandie et à partir desquelles le territoire sera zoné en terme d'enjeux et de contraintes s'appuie sur celle élaborée par le BRGM dans le « Guide pour l'achèvement et la révision des schémas départementaux des carrières » (BRGM/n°P-52208-FR). La liste présentée dans le guide est en effet bien représentative du contexte local.

Bien que l'extraction des granulats marins réponde à une réglementation spécifique (code minier) et, de ce fait, s'avère hors champ d'application du schéma des carrières, la liste des données relatives aux Parcs Naturels Marins et aux ZNIEFF marines.

Ces données recouvrent les catégories suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| EAU | AEP | PPI : Périmètre de Protection Immédiat |
| | | PPR : Périmètre de Protection Rapproché |
| | | PPE : Périmètre de Protection Eloigné |
| | AAC : Aire d'Alimentation des Captages | |
| | ZSCE : Zone soumise à contraintes environnementales | |
| | ZONE HUMIDE | |
| | RAMSAR | |
| | ZHIEP : Zone Humide d'Intérêt Environnemental Particulier | |
| | ZHSGE : Zone Humide Stratégique pour la Gestion des Eaux | |
| | Remontée de nappes | |
| | ZRE : Zone de Répartition des Eaux | |
| | Lit mineur des rivières | |
| | Lit majeur des rivières | |
| | Zone de mobilité | |
| | Frayère | |
| NATURE ET BIODIVERSITE | APB : Arrêté de Protection de Biotope | |
| | Arrêté de protection de l'habitat | |
| | NATURA 2000 | - ZPS : Zone de Protection Spéciale |
| | | - ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux |
| | | - SIC : Site d'Intérêt Communautaire |
| | | - ZSC : Zone spéciale de conservation |
| | ZNIEFF Type I : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique | |
| | ZNIEFF Type II : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique | |
| | ENS : Espace Naturel Sensible | |
| | Zone de préemption ENS | |
| | CELRL - Conservatoire du Littoral et des Espaces Lacustres, terrains | |
| | CELRL - Zones de préemption du Conservatoire du Littoral | |
| | RNN : Réserve Naturelle Nationale | |
| | RNR : Réserve Naturelle Régionale | |
| | PNR : Parc Naturel Régional | |
| | RCFS : Réserve de Chasse et de Faune Sauvage | |
| | EBC : Espace boisé classé | |
| | FP : Forêt de protection | |
| | RBI : Réserve biologique intégrale | |
| | RBD : Réserve biologique dirigée (sur forêt publique) | |
| | APG : Arrêté de Protection de Géotope | |
| | ZIG : Zone d'Intérêt Géologique (inventaire géologique régional) | |
| | ZAP : Zone Agricole Protégée | |
| PAYSAGES | AOC : Appelation d'Origine Contrôlée | |
| | AOP : Appelation d'Origine Protégée /IPG | |
| | AVAP : Aire de mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine (Ancienne ZPPAUP : Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager) | |
| | Site inscrit | |
| | Site classé | |
| | Site Archéologique | |
| | Périmètre de protection des monuments historiques | |
| | Site classé au patrimoine mondial de l'UNESCO | |
| POUR INFO | **Hors du champ de révision des SDC** | |
| | PNM : Parc Naturel Marin | |
| | ZNIEFF Marine : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique type I | |
| | **Zonages existants** | |
| | TVB : Trame Verte et Bleue | |
| | SCAP : Stratégie nationale de Création d'Aires Protégées | |
| | Risques naturels et technologiques : SEVESO, PPR, Cartes aléas, … | |

# ► Méthodologie de hiérarchisation

En fonction des enjeux qu'elles représentent, les données environnementales ont été hiérarchisées selon un protocole comparable à ceux mis en oeuvre dans le cadre de l'élaboration :

- des SDAGE,
- du plan Polmar-terre,
- du schéma régional de cohérence écologique.

Ces protocoles sont présentés dans le détail en annexe 5.1. Le tableau ci-après en présente la synthèse :

| | Méthodologie | Avantages / Inconvénients |
|---|---|---|
| SDAGE | Hiérarchisation des enjeux environnementaux présents au niveau des milieux naturels et des zones humides selon 3 types de zones. | Thématiques réduites axées sur les milieux aquatiques.<br>3 niveaux : « oui », « non », « sous-réserve ». |
| POLMAR | Approche basée sur un inventaire précis et hiérarchisé de différentes thématiques permettant de définir des indices de vulnérabilité. | Analyse croisée des enjeux et des aléas.<br>4 niveaux de vulnérabilité associés à un facteur de vulnérabilité saisonnière. |
| TVB | Inventaire des enjeux écologiques | Pas de hiérarchisation. Analyse au cas par cas.<br>Actuellement pas encore de consensus. |

Dans le cadre de la révision des schémas des carrières, la démarche repose sur :

- une approche couplée milieux/espèces,
- l'affectation à chaque catégorie de donnée d'un niveau dit de « protection » qui retranscrit l'enjeu et la sensibilité du territoire vis-à-vis de la présence de cette donnée,
- une analyse du territoire intégrant l'ensemble des sensibilités présentes,
- la représentation de niveaux hiérarchiques de sensibilité/protection selon un code couleur rouge/orange/jaune/gris.

La hiérarchisation des enjeux associés aux données s'organise en quatre niveaux :

- Niveau/Classe 1 - Interdiction réglementaire ou locale : l'exploitation est interdite de manière réglementaire ou par arrêté préfectoral ou par le propriétaire foncier (CELRL).
- Niveau/Classe 2 - Contraintes fortes : réglementation forte et/ou forts enjeux environnementaux. Implantation possible sous réserve.
- Niveau/Classe 3 - Contraintes faibles : réglementation existante sans contrainte spécifique.
- Niveau/Classe 4 - Pas de contrainte : pas de connaissance d'enjeux.

Le code couleur utilisé pour la représentation cartographique des sensibilités territoriales est le suivant :

- rouge : niveau 1
- orange : niveau 2
- jaune : niveau 3
- gris : niveau 4

Tableau de classification des 4 niveaux d'enjeux environnementaux.

| Niveau 1 | Niveau 2 | Niveau 3 | Niveau 4 |
|---|---|---|---|
| Interdiction | Contraintes fortes | Contraintes faibles | Pas de contrainte |
| Réglementation très forte interdisant toute exploitation | Réglementation forte et/ou enjeux environnementaux forts | Réglementation existante sans contrainte spécifique | Pas d'enjeux environnementaux identifiés |
| Exploitation interdite | Exploitation possible sous réserve | Exploitation possible | Exploitation possible |

Chaque catégorie de données a, selon cette grille analytique, fait l'objet d'un classement (cf tableau suivant). Les catégories pour lesquelles la réglementation peut être adaptée au vu d'éléments plus précis localement (contenus techniques des arrêtés de biotope par exemple) sont signalées par un astérisque.

***Les * signalent une attention particulière qui doit être portée à la réglementation en vigueur (définition précise de la zone ou du périmètre, autorisations spéciales possibles, jurisprudence existante…)***

| | | | |
|---|---|---|---|
| EAU | AEP | PPI : Périmètre de Protection Immédiat | 1 |
| | | PPR : Périmètre de Protection Rapproché | 1* |
| | | PPE : Périmètre de Protection Eloigné | 2 |
| | AAC : Aire d'Alimentation des Captages | | 2* |
| | ZSCE : Zones soumises à contraintes environnementales | | 2* |
| | ZONES HUMIDES | | 2 |
| | RAMSAR | | 2 |
| | ZHIEP : Zone Humide d'Intérêt Environnemental Particulier | | 2 |
| | ZHSGE : Zone Humide Stratégique pour la Gestion des Eaux | | 2 |
| | Remontée de nappes | | 3 |
| | ZRE : Zone de Répartition des Eaux | | 3 |
| | Lit mineur des rivières | | 1 |
| | Lit majeur des rivières | | 2 |
| | Zone de mobilité | | 1 |
| | Frayères | | 1 |
| NATURE ET BIODIVERSITE | APB : Arrêté de Protection de Biotope | | 2* |
| | Arrêté de protection de l'habitat | | 2 |
| | NATURA 2000 | - ZPS : Zone de Proctection Spéciale | 2 |
| | | - ZICO : Zone d'Intérêt | 3 |
| | | - SIC : Site d'Intérêt Communautaire | 2 |
| | | - ZSC : Zone spéciale de conservation | |
| | ZNIEFF Type I : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique | | 2 |
| | ZNIEFF Type II : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique | | 3 |
| | ENS : Espace Naturel Sensible | | 2 |
| | Zones préemption ENS | | 3 |
| | CELRL - Conservatoire du Littoral et des Espaces Lacustres, terrains | | 1 |
| | CELRL - Zones préemption | | 2 |
| | RNN : Réserves Naturelles Nationales | | 1 |
| | RNR : Réserves Naturelles Régionales | | 2 |
| | PNR : Parc Naturel Régional | | 3 |
| | RCFS : Réserve de Chasse et de Faune Sauvage | | 3* |
| | EBC : Espaces boisés classés | | 2 |
| | FP : Forets de protection | | 1 |
| | RBI : Réserve biologique intégrale | | 1 |
| | RBD : Réserve biologique dirigée (sur forêt publique) | | 1 |
| | APG : Arrêté de Protection de Géotope | | 2* |
| | ZIG : Zones d'Intérêt Géologique (inventaire géologique régional) | | 2 |
| | ZAP : Zones Agricoles Protégées | | 2 |
| PAYSAGES | AOC : Appelation d'Origine Contrôlée | | 3 |
| | AOP : Appelation d'Origine Protégée /IPG | | 3 |
| | AVAP : Aires de mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine (Anciennes ZPPAUP : Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager) | | 2 |
| | Sites inscrits | | 2 |
| | Sites classés | | 1* |
| | Sites Archéologiques | | 2 |
| | Périmètre de protection des monuments historiques | | 2* |
| | Site classé au patrimoine mondial de l'UNESCO | | 2* |
| POUR INFO | **Hors du champ de révision des SDC** | | |
| | PNM : Parc Naturel Marin | | sans objet |
| | ZNIEFF Marine : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique type I | | |
| | **Zonages existants** | | |
| | TVB : Trame Verte et Bleue (voir détails ci-dessous) | | sans objet |
| | SCAP : Stratégie nationale de Création d'Aires Protégées | | |
| | Risques naturels et technologiques : SEVESO, PPR, Cartes aléas, … | | |

Au-delà des données ci-dessus, certains zonages particuliers, jugés intéressants, sont représentés sur les cartes. Ils sont alors figurés en blanc. Les données relatives aux zonages sont détaillées en annexe 5.2.
A noter que les réservoirs de biodiversité identifiés dans le cadre du SRCE (schéma régional de cohérence écologique) figurent dans le schéma des carrières soit en niveau 1 - interdiction (RBI, RBD par exemple), soit en niveau 2 - enjeux forts (APPB, ZNIEFF de type I par exemple).

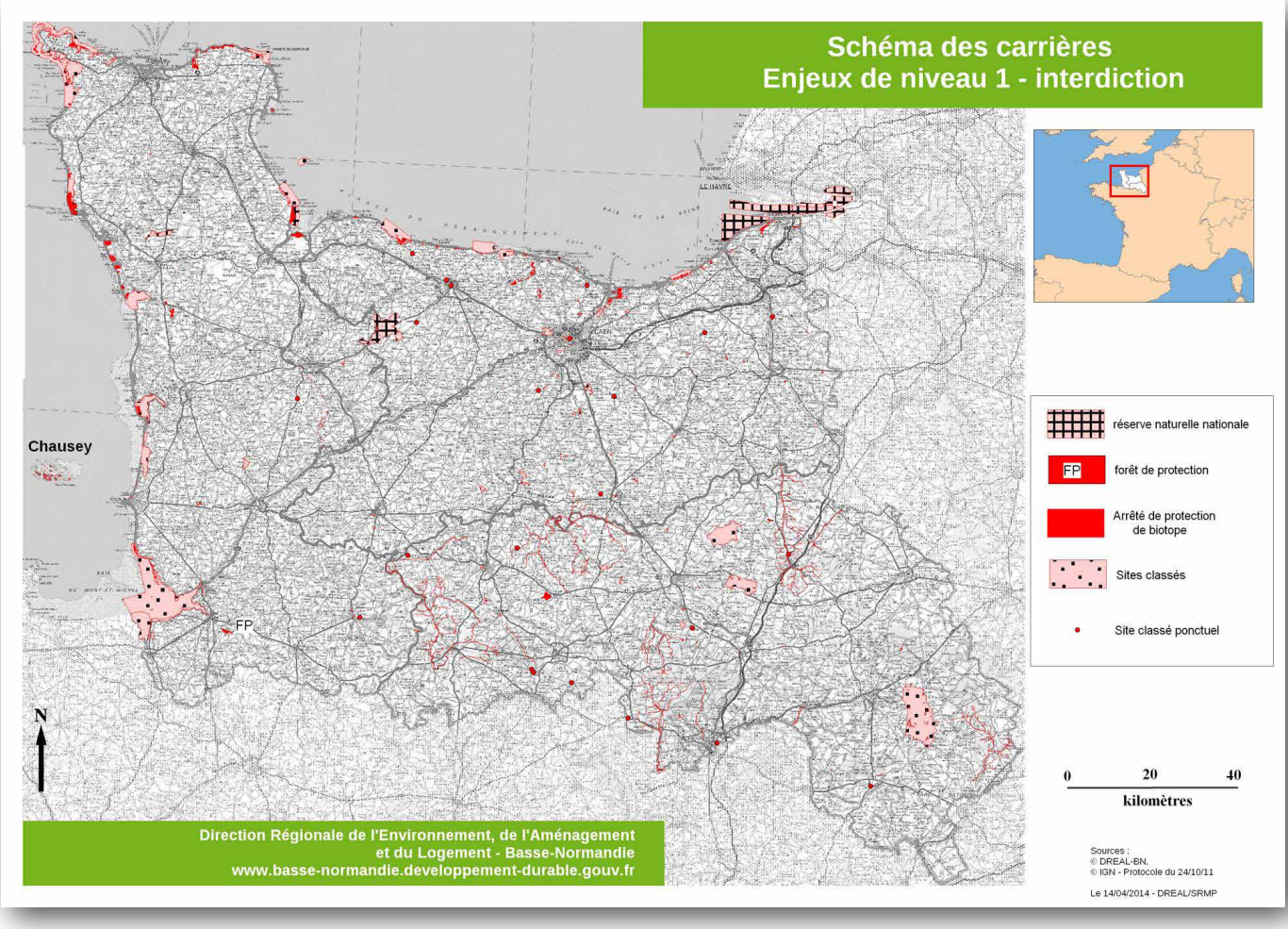
Si le schéma élimine d'emblée des zones où l'exploitation de matériaux est interdite (niveau 1 rouge), sur le reste du territoire, une étude, au cas par cas, intégrant les niveaux d'enjeux et portant sur les composantes sociales, environnementales et paysagères, dans une vision de cohérence écologique du territoire, reste largement nécessaire. Cette étude comporte également un examen de la faisabilité vis à vis des chartes de gestion des parcs naturels régionaux concernés éventuellement par le projet. Elle constitue la base de la concertation locale.

## ► Cartographie

Pour chaque département, une carte par niveau d'enjeu (interdiction, contraintes fortes, contraintes faibles) est présenté. Une carte de synthèse présente, pour chaque département le territoire qui n'est soumis à aucun zonage (pas de contrainte identifiée dans le cadre du schéma des carrières).

Ces différentes cartes sont disponibles dans la partie « documents graphiques » du schéma des carrières.

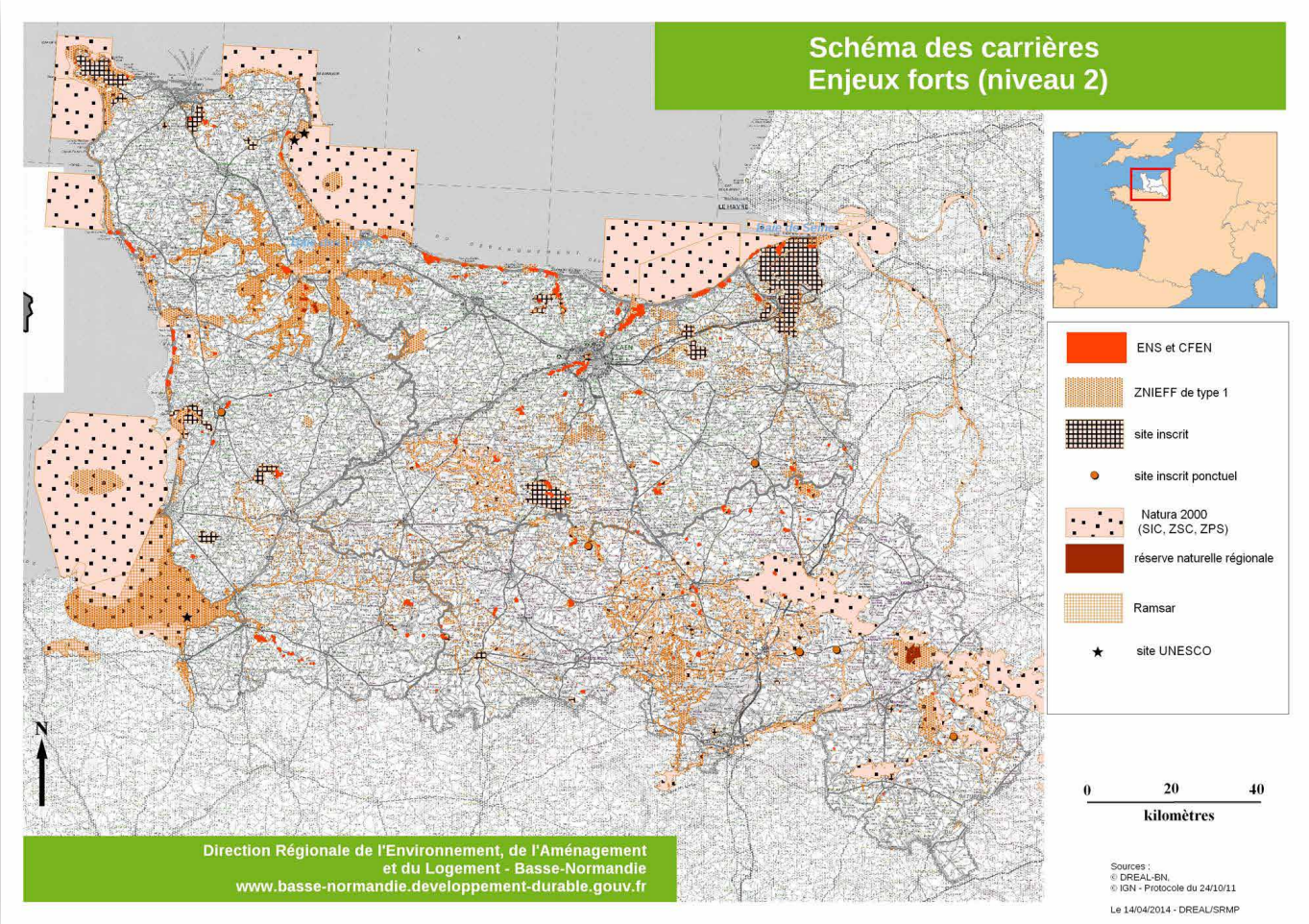
Les cartes des différents niveaux d'enjeux ont également été réalisées à un niveau régional.




NB : cette carte ne reprend pas les PPI, PPR, lit mineur des rivières, zones de mobilité, frayères, RBI qui sont difficilement représentables à cette échelle.

Remarque : Le périmètre de protection du site classé de la baie du Mont Saint-Michel est amené à évoluer.

**Pour autant, les thématiques non cartographiées sont également des zones à enjeu de niveau 1 devant être prises en compte lors de toute demande d'exploitation.**

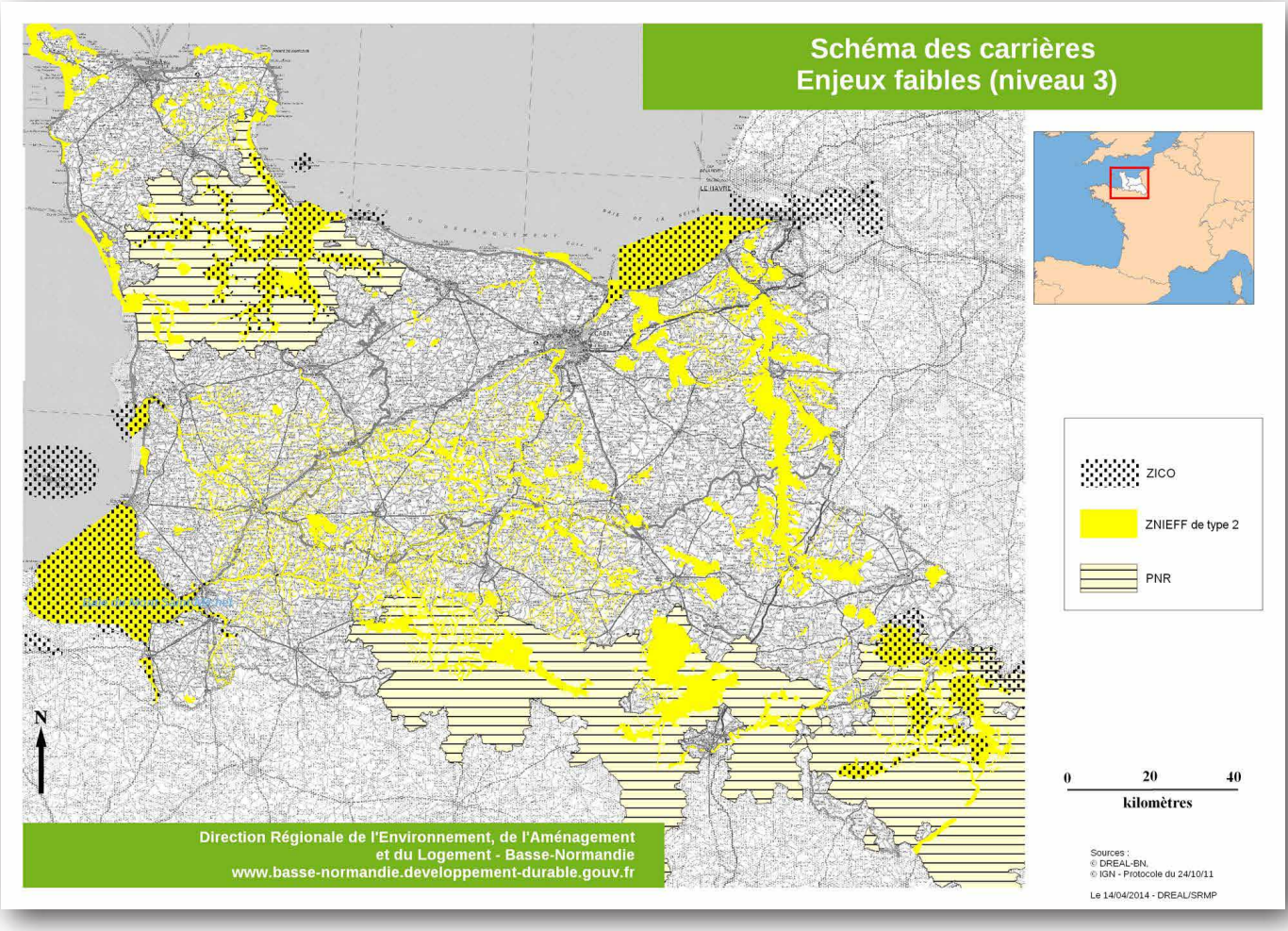



NB : cette carte ne reprend pas les PPE, ZSCE, ZHIEP, ZHSGE, lits majeurs des rivières, arrêtés de protection de l'habitat, zones de préemption du CELRL, EBC, APG, ZIG, ZAP, AVAP, sites archéologiques qui soit sont difficilement représentables à cette échelle, soit ne sont pas présents au niveau de la région pour le moment.

Par ailleurs, les zones humides n'ont pas été intégrées dans cette carte car elles représentent une surface importante qui aurait masquée les autres informations.

**Pour autant, les thématiques non cartographiées sont également des zones à enjeu de niveau 2 devant être prises en compte lors de toute demande.**

Ainsi, il convient d'insister sur la prise en compte des zones humides dans les futurs projets. En effet, on note une très forte régression de ces milieux ces dernières décennies malgré leur grand intérêt environnemental pour la biodiversité et la nécessité de préservation des eaux en quantité et qualité dans le cadre du réchauffement climatique.




NB : cette carte ne reprend pas les AAC, les zones de préemption des ENS, RCFS, AOC, AOP qui sont difficilement représentables à cette échelle.

Par ailleurs, les remontées de nappe et les ZRE, n'ont pas été intégrées dans cette carte car elles représentent une surface importante qui aurait masquée les autres informations.

**Pour autant, les thématiques non cartographiées sont également des zones à enjeu de niveau 3 devant être prises en compte lors de toute demande d'exploitation.**

# ► Les carrières en Basse-Normandie

## *I - Typologie des carrières*

| CALVADOS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Type de matériaux | | Nature des matériaux | | Type d'exploitation | | | Utilisation d'explosif |
| | | | | à ciel ouvert | | Carrière souterraine | |
| | | | | hors d'eau | en eau | | |
| Roche massive | 23 | Calcaire | 8 | 7 | - | 1 | 4 |
| | | Grès | 8 | 8 | | - | 7 |
| | | Grès quartzitique | 1 | 1 | | | 1 |
| | | Quartzite | 1 | 1 | | | 1 |
| | | Schistes | 3 | 3 | | | 3 |
| | | Cornéenne | 1 | 1 | | | 1 |
| | | Roche dure | 1 | 1 | | | - |
| Matériaux alluvionnaires | 11 | Argile | 6 | 6 | - | - | - |
| | | Marne | 1 | 1 | | | |
| | | Sable | 4 | 3 | 1 | | |

| MANCHE | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Type de matériaux | | Nature des matériaux | | Type d'exploitation | | | Utilisation d'explosif |
| | | | | à ciel ouvert | | Carrière souterraine | |
| | | | | hors d'eau | en eau | | |
| Roche massive | 33 | Grès | 9 | 33 | - | - | 7 |
| | | Quartzite | 4 | | | | 4 |
| | | Schistes | 13 | | | | 13 |
| | | Cornéenne | 2 | | | | 2 |
| | | Granite | 4 | | | | 3 |
| | | Roche dure | 1 | | | | 1 |
| Matériaux alluvionnaires et/ou « meubles » | 2 | Tout venant ? | 2 ? | 2 ? | - | - | 1 |
| | 8 | Sable | 7 | 5 | 2 | - | - |
| | | Tangue | 1 | - | 1 | | |
| | 1 | Tourbe | 1 | 1 ? | - | - | - |

| ORNE | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Type de matériaux | | Nature des matériaux | | Type d'exploitation | | | Utilisation d'explosif |
| | | | | à ciel ouvert | | Carrière souterraine | |
| | | | | hors d'eau | en eau | | |
| Roche massive | 10 | Calcaire | 3 | 10 | - | - | 1 |
| | | Grès | 4 | | | | 4 |
| | | Schistes | 1 | | | | 1 |
| | | Cornéenne | 1 | | | | 1 |
| | | Rhyolite | 1 | | | | 1 |
| Matériaux alluvionnaires | 5 | Sable | 5 | 5 | - | - | - |

## *II - Les impacts des carrières*

Des risques potentiels sont liés à l'exploitation et notamment la problématique de la gestion de l'acidité des eaux en fin d'exploitation. Pour ce dernier point, il ne s'agit pas d'un impact systématique et directement lié à l'exploitation : c'est un héritage géologique. Cette thématique a donc fait l'objet d'une fiche spécifique en annexe 6.6.

L'autorisation d'exploiter une carrière est assujettie à la remise d'un dossier de demande d'autorisation qui comporte une étude d'impact. Cette dernière doit comporter (art.122-5 complété par art.512-8 du Code de l'Environnement) :

- analyse de l'état initial du site,
- évaluation des effets de l'exploitation sur l'environnement,
- raison du choix du projet vis-à-vis des enjeux environnementaux,
- les mesures envisagées pour éviter, réduire, compenser,
- les conditions de remise en état du site.

### ■ Les instabilités

Les impacts des carrières sont traités ici au regard des risques induits par l'activité extractive proprement dite, au travers notamment des instabilités ou mouvement de terrain affectant les exploitations.

Sur les fronts de taille de roche massive à ciel ouvert, les principaux types d'instabilité pouvant survenir sont :

- les glissements plan le long d'une discontinuité (cf. Fig. 1),
- les glissements plan « banc sur banc » (cf. Fig. 2),
- les glissement de dièdres rocheux délimités par 2 discontinuités ou plus (cf. Fig. 3),
- le phénomène de fauchage (cf. Fig. 4),
- l'instabilité d'ensemble.

Figure 1 : Glissement plan d'une discontinuité

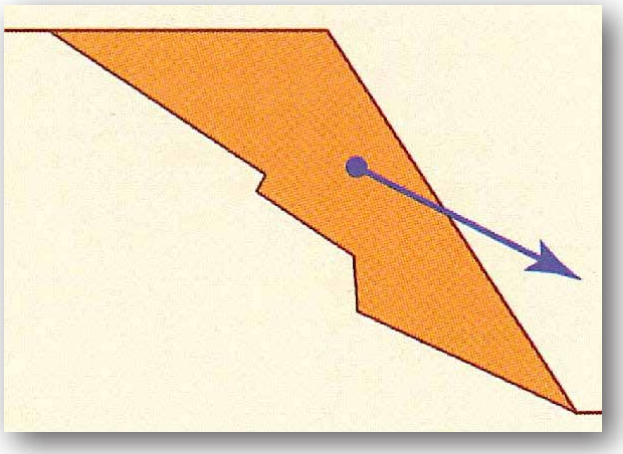


Figure 2 : Glissement « banc sur banc »

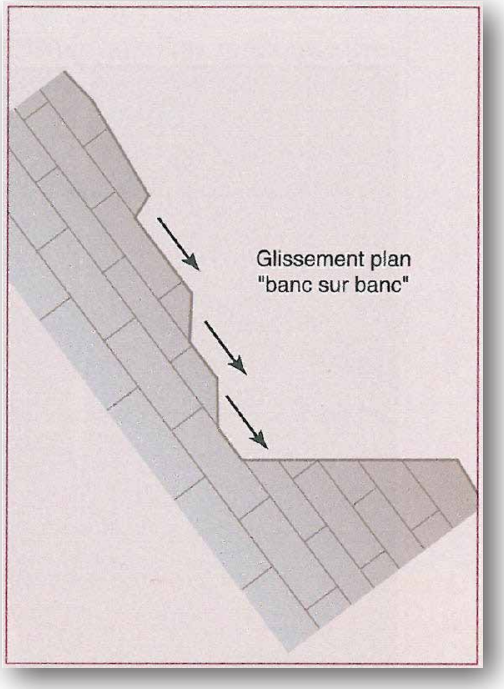


Figure 3 : Glissement d'un dièdre délimité par 2 discontinuités

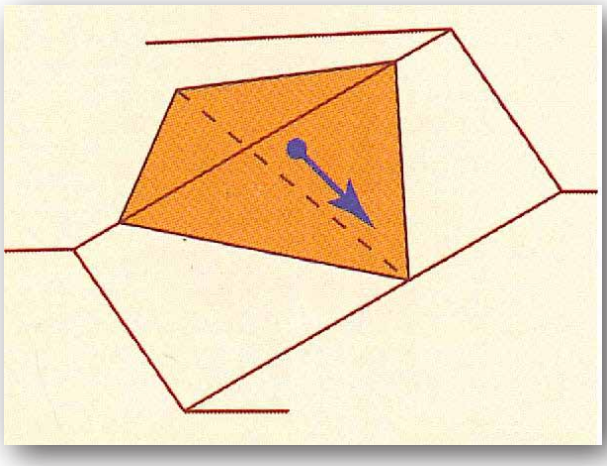


Figure 4 : Phénomène de fauchage



Les formations schisteuses ou les formations rocheuses très densément fracturées sont particulièrement affectées par des phénomènes de glissement en masse.

Dans le cas des gisements alluvionnaires, de façon générale, les pentes de nature argileuse sont sujettes aux glissements par rupture circulaire, alors que les pentes des gisements sableux ou graveleux sont plutôt soumises à des glissements plan (surface de rupture plane) et pelliculaires.

Les principaux types d'instabilités qui affectent les exploitations souterraines sont les suivantes :

- rupture de pilier,
- rupture de pilier par flambage,
- rupture locale de toit,
- instabilité généralisée par rupture de toit,
- instabilité généralisée par rupture de mur.

Ces différentes instabilités se manifestent en général par des éboulements et des glissements qui peuvent avoir pour conséquence, au sein de l'exploitation, des blessés et des accidents mortels par chute ou écrasement.

En fonction de l'ampleur des phénomènes et des limites de l'exploitation, ces instabilités peuvent constituer également un problème de sécurité publique au-delà des limites de l'exploitation. C'est le cas des carrières souterraines notamment mais pas seulement. Ces instabilités peuvent impacter également les infrastructures environnantes ou leurs fondations tels que des réseaux (routes, gazoducs, oléoducs, pylônes …) ou des ouvrages.

Dans le but entre autres de limiter l'occurrence de ces phénomènes, certaines dispositions sont imposées par le Règlement Général des Industries Extractives (annexe 5.3).

Néanmoins, ces mesures ne sont pas suffisantes pour se prémunir de toute instabilité. C'est pourquoi, l'évaluation de la stabilité des gisements est nécessaire aux différents stades de leur exploitation (annexe 5.4).

## ■ La biodiversité

La prise en compte à l'avenir du Schéma Régional de Cohérence Écologique dans l'étude d'impact est indispensable.
De même, les démarches SCAP, Parc Naturel Marin et ZNIEFF marines sont à intégrer à la réflexion lors de tout dossier.

## L'eau

L'étude d'impact doit prendre en compte les effets de l'activité extractive sur l'eau au travers notamment d'une étude hydrogéologique. Celle-ci s'attachera à quantifier et qualifier l'impact de la carrière sur les eaux superficielles et souterraines (perturbation des aquifères, modification piézométrique,..).
L'analyse devra être réalisée en prenant en compte la sensibilité de la masse d'eau tant en terme d'usage (AEP, aménités, pisciculture,..) que de vulnérabilité patrimoniale. Elle devra également prendre en compte les dispositions des SDAGE (par exemple, la disposition 21 du SDAGE Seine-Normandie « Réduire l'incidence de l'extraction des granulats sur l'eau et les milieux aquatiques »), les dispositions des SAGE quand ils existent ainsi que l'objectif d'état de la masse d'eau définie dans les SDAGE.

La problématique spécifique des eaux acides (acidification naturelle des eaux d'exhaure par un encaissant contenant des sulfures), fait l'objet d'une note en annexe.

## Les poussières

Les émissions de poussières peuvent représenter une nuisance liée à l'exploitation des carrières. Les poussières répondent à deux régimes juridiques différents :

- la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement qui vise à assurer la protection des tiers, du voisinage et de l'environnement ;
- le RGIE (Règlement Général des Industries Extractives) et le Code du Travail, régime juridique particulier de protection des travailleurs dans les mines et carrières. Les dispositions du RGIE convergeront à terme avec celles du Code du Travail.

Dans le premier cas, l'émission de poussière correspond à la notion d'empoussièrement, dans le second cas il s'agit d'empoussiérage. Il conviendra donc dans un cas comme dans l'autre de se référer au texte correspondant.

Les particules fines se retrouvent sous forme diffuse en particulier dans le cas d'exploitation de roches massives lors d'usage d'explosifs. Les caractéristiques de ces poussières sont directement liées à la nature du matériau exploité.

## Bruit et vibration

Les différentes activités liées à l'exploitation des carrières peuvent engendrer bruit et vibrations : emploi d'explosifs, circulation d'engins, ...
La gestion de la problématique du bruit et des vibrations induits par l'exploitation des carrières est réglementée par l'arrêté du 22 septembre 1994. L'article 17 précise ainsi que « l'exploitant prend toutes les dispositions nécessaires dans la conduite de l'exploitation pour limiter les risques […] de nuisance par le bruit et les vibrations ».

De même l'anticipation du réaménagement de la carrière en fin d'exploitation permettra de s'affranchir de tout risque de chute de pierre, déstabilisation du sol ou d'éboulement.

La thématique des vibrations fait l'objet d'une note spécifique en annexe.

## Le paysage

Les carrières de roche massive entaillent le paysage et présentent de fait le plus de difficultés pour l'insertion paysagère (contrairement à une exploitation de gravière). Ces modifications de paysages peuvent affecter indirectement un site, un monument, etc. En termes d'insertion paysagère, il n'existe pas de méthode d'analyse pour les exploitations. Le travail d'insertion, en particulier pour les remises en état se fera au cas par cas pour chaque site.

## Impact humain

L'impact de l'activité sur le voisinage est estimé au travers des problématiques des émissions atmosphériques (poussières), des émissions de gaz à effet de serre (GES), du bruit et des vibrations.

# III - L'intérêt patrimonial des carrières

## ■ Patrimoine géologique

*Ce paragraphe est une production de Jacques Avoine - Département des Sciences de la Terre, Université de Caen Basse-Normandie*

### ➔ Définition du patrimoine géologique

La notion de géodiversité fait référence aux caractères géologiques et géomorphologiques de la Terre, à toutes les échelles. Elle prend en compte les éléments du sol, du sous-sol et des paysages, mais aussi leur assemblage en systèmes organisés, leurs propriétés et leurs relations. De manière plus restrictive, le patrimoine géologique correspond aux témoins les plus remarquables de l'histoire de la Terre, sites géologiques (patrimoine in situ) et objets (patrimoine ex situ) qui contribuent à la connaissance des événements physiques et biologiques ayant marqué notre planète. En droit français, au même titre que les espèces vivantes et les habitats, le patrimoine géologique est devenu une composante à part entière du patrimoine naturel (loi 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, loi 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement - Grenelle 2). Cependant, contrairement aux espèces vivantes, ce patrimoine ne se reproduit pas et toute détérioration ou destruction d'un objet ou d'un site géologique occasionne sa perte définitive. Ce constat devrait tout naturellement déboucher sur des actions de protection visant à assurer la préservation de ce patrimoine trop longtemps ignoré ou négligé. Ces actions doivent nécessairement s'appuyer sur un inventaire permettant de répertorier ce patrimoine.

### ➔ L'inventaire national du patrimoine géologique (INPG)

L'article L411-5 du code de l'environnement, déclinaison de la loi du 27 février 2002, dispose que l'Etat assure la conception, l'animation et l'évaluation de l'inventaire du patrimoine naturel qui comprend les richesses écologiques, faunistiques, floristiques, géologiques, minéralogiques et paléontologiques. Autrement dit, à côté des inventaires de la faune et de la flore de France, il a été institué un inventaire du patrimoine géologique sur l'ensemble du territoire national. C'est une reconnaissance de ce patrimoine en tant que composante du patrimoine naturel français. L'Etat, en association avec les collectivités territoriales, est chargé de réaliser l'inventaire exhaustif du patrimoine géologique, sous la responsabilité scientifique du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Cet inventaire national a été lancé officiellement en avril 2007.

L'un des objectifs de l'inventaire national du patrimoine géologique (INPG) est d'identifier l'ensemble des sites d'intérêt géologique pouvant présenter un intérêt patrimonial. Pour ce faire, les caractéristiques des sites identifiés et retenus font l'objet de fiches renseignées dans la base de données GEOTOPE développée par le BRGM, intégrant une évaluation de leur intérêt patrimonial permettant leur hiérarchisation ainsi qu'une évaluation de leur vulnérabilité et de là de leurs besoins éventuels en matière de protection. Outre sa vocation informative, l'inventaire doit être une base d'informations permettant de définir et de mettre en place à différentes échelles les politiques appropriées en matière de protection du patrimoine géologique.

Concrètement, cet inventaire est réalisé dans chaque région sous la responsabilité des DREAL, sur la base d'une méthode élaborée au niveau national. Chaque inventaire régional est ensuite validé par le conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN), puis au niveau national par le MNHN, en vue de leur intégration au Système d'Information sur la Nature et les Paysages et d'un large porter à connaissances.

### ➔ L'inventaire du patrimoine géologique de Basse-Normandie

L'inventaire du patrimoine géologique de la région Basse-Normandie a été mené de fin 2007 à début 2013 en utilisant la méthodologie préconisée au niveau national. La DREAL a coordonné l'élaboration de l'inventaire géologique régional en s'appuyant sur un opérateur local, l'Association Patrimoine géologique de Normandie (APGN) et sur une

Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) qui regroupe des géologues bas-normands désignés par le CSRPN. La DREAL et le CSRPN assurent le suivi scientifique de la réalisation de l'inventaire. Les géologues de la CRPG rédigent des fiches descriptives simplifiées pour les sites retenus après visite de terrain. L'APGN anime la collecte des données, les met en forme et saisit les fiches définitives sur la base de données GEOTOPE. La CRPG vérifie l'ensemble des données et propose au CSRPN la validation des sites retenus. L'inventaire validé est transmis au BRGM qui transfère les données régionales dans une base commune destinée au MNHN, chargé de la validation scientifique nationale, avec l'appui d'un groupe d'experts.
L'inventaire du patrimoine géologique de Basse-Normandie comporte au final 408 sites. Leur intérêt géologique est majoritairement sédimentologique (31%) et stratigraphique (27%). L'âge des terrains s'échelonne du Briovérien au Quaternaire, les sites étant toutefois principalement d'âge Paléozoïque (33%) et Mésozoïque (31 %). En matière d'intérêt patrimonial, la Basse-Normandie renferme 57 sites 3*, c'est-à-dire d'intérêt national à international, 211 sites 2* d'intérêt régional et 140 sites 1* d'intérêt départemental. Parmi ces 408 sites, 73 sont des carrières en activité.

### ➔ Le patrimoine géologique dans les carrières

L'inventaire régional du patrimoine géologique de Basse-Normandie a répertorié 267 carrières parmi les 408 sites retenus au final, soit 65 % des sites de cet inventaire. C'est dire l'importance de l'activité d'extraction qui permet d'observer la géologie du sous-sol, géologie qui resterait sinon peu accessible en dehors des escarpements rocheux naturels et des falaises littorales.
Parmi ces 267 carrières, 73 d'entre elles correspondent à des sites en activité, soit 18% du total des sites de l'inventaire régional. Ces chiffres soulignent bien l'intérêt qu'il faut porter à la préservation d'une partie du patrimoine qui est révélé à l'occasion de l'activité d'extraction. Cette préservation passe aussi bien par la conservation d'anciens fronts de taille, en fonction de l'avancée des travaux d'extraction, lorsque cette conservation n'est pas incompatible avec l'exploitation, et surtout par une modification partielle des travaux de remise en état des sites, et cela jusqu'à la fin de l'exploitation. Cette nécessité de préservation du patrimoine géologique, s'il est d'importance régionale ou nationale, doit aussi être au cœur du schéma régional des carrières. En effet, outre le cas des carrières en activité, l'ouverture de nouveaux sites doit prendre en compte l'emprise des sites de l'inventaire du patrimoine géologique aujourd'hui achevé et intégrer des dispositions permettant l'étude et la conservation d'un éventuel patrimoine géologique découvert durant l'exploitation.

## ■ Intérêt naturel (d'après données UNICEM)

Les travaux menés par l'industrie des carrières sur le patrimoine naturel des carrières mettent en évidence leur richesse biologique globale (front de taille, carreaux, bassins, remblais).

Des inventaires (faune, flore, habitats naturels) ont été menés sur 35 carrières réparties sur le territoire national. La diversité de leurs habitats détermine la présence d'une flore diversifiée caractéristique du milieu support (carreau humide, carreau sec, bassins, remblais,..). Cette richesse s'accompagne d'une diversité importante pour des groupes biologiques tels que les odonates, orthoptères, lépidoptères, amphibiens, reptiles et oiseaux.

L'étude révèle qu'une carrière dispose en moyenne de« 13,5 espèces remarquables, de niveau ZNIEFF, sur un total de 96 espèces végétales et 164 espèces animales ».

# Les types de réaménagement

## ► Le cadre réglementaire

En application de l'article 6-1 de la loi du 19 juillet 1976 sur les installations classées, l'exploitant est tenu de remettre en état le site affecté par son activité. Le décret du 9 juin 1994 modifié précise que l'étude d'impact doit présenter les conditions de remise en état du site.
L'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 (article 12) relatif aux exploitations de carrières fixe plus précisément le cadre de cette remise en état qui doit tenir compte des caractéristiques essentielles du milieu environnant. Elle doit comprendre :

- l'élimination des produits polluants en fin d'exploitation,
- la mise en sécurité des fronts de taille,
- le nettoyage de l'ensemble des terrains et, d'une manière générale, la suppression de toutes les structures n'ayant plus d'utilité après la carrière,
- l'insertion satisfaisante de l'espace affecté par l'exploitation dans le paysage compte tenu de la vocation ultérieure du site.

L'arrêté ministériel de 1994 définit également les dispositions techniques et administratives en cas de remblayage de la carrière. Cet arrêté a par ailleurs été modifié par plusieurs arrêtés ultérieurs :

- janvier 2001 pour les aspects bruits et vibrations,
- juillet 2009 pour le domaine d'application,
- avril 2010 pour les aspects « déchets »,
- mars 2012 pour le stockage des déchets d'amiante.

Par ailleurs, le code de l'environnement (L516-1) prévoit, pour les carrières, des dispositions spécifiques relatives aux garanties financières. Ces garanties ont pour objet de permettre la remise en état du site en cas de défaillance de l'exploitant. Elles consistent en une caution bancaire dont le montant est proportionné à l'ampleur des travaux de remise en état estimé pour chaque phase de l'exploitation. Le mode de calcul de ces garanties est fixé par un arrêté ministériel dont la première version date du 10 février 1998. La version en vigueur est celle du 9 février 2004 modifiée le 24 décembre 2009. Le mode de calcul a également pour effet, du fait que le montant des cautions bancaires à fournir est proportionnel aux surfaces en dérangement (surfaces ouvertes et non remises en état), d'inciter à en limiter l les superficies.

Il faut distinguer la part des travaux à mener qui relève de l'exploitation - appelée «remise en état» - de celle qui correspond aux aménagements du site nécessaires à sa vocation ultérieure - appelée couramment «réaménagement». La première incombe au carrier qui se verra dégagé de ses responsabilités en la matière après l'établissement du procès verbal de récolement par la DREAL. La seconde, sans définition juridique, se rattache aux travaux spécifiques nécessaires à l'utilisation future du site. Elle est du ressort du propriétaire et du futur gestionnaire.

La remise en état de la carrière forme un chapitre à part entière des dossiers d'autorisation de carrières (articles L 512-4 et R512-74 à R 512-78). Elle doit préparer la reconversion du site et prévoir l'après-carrière. Après sa fermeture, la carrière laisse la place à un site nouveau. Dans tous les cas, la réaffectation d'une ancienne carrière doit être préparée, sa faisabilité administrative et technique démontrée et sa gestion prévue.

La circulaire du 11 janvier 1995 relative à l'élaboration des schémas des carrières reconnaît qu'il est difficile d'établir des prescriptions techniques uniformes dans ce domaine mais qu'il est possible de tracer quelques grands principes. Elle rappelle qu'il s'agit en premier lieu d'éviter le mitage du paysage par des plans d'eau en zone alluviale. Pour les roches massives il faut s'attacher à l'insertion paysagère des fronts.

Ces grands principes font l'objet de recommandations ci-dessous.

# ► Les éléments à intégrer dans la conception et la réalisation de la remise en état et le réaménagement

Chaque réaménagement de carrière constitue un cas particulier, tant en raison de sa configuration que de son environnement. Néanmoins, quel que soit le cas de figure, il est nécessaire de se poser un certain nombre de questions avant de choisir et de concevoir une remise en état. L'expérience acquise grâce aux réaménagements déjà réalisés doit pouvoir être mise à profit dans la recherche des solutions à mettre en œuvre pour réussir la remise en état.

A tous les stades, il est utile de s'entourer du conseil d'experts.

Le texte qui suit vise à essayer de formaliser quelques règles élémentaires à partir de cette expérience et de les traduire sous forme de recommandations.

## *I - Recommandations générales*

Les conditions de réaménagement doivent avant tout être évaluées à travers la prise en compte du contexte local à différentes échelles : régionale voire supra-régionale, départementale, par secteurs infra-départementaux (portion de vallée, région agricole…), communale. La notion de concertation avec les différents acteurs et usagers du territoire est ici un point primordial.

Tout d'abord, la vocation du réaménagement doit être étudiée en fonction des potentialités écologiques du site et des milieux qui l'entourent mais également par rapport au contexte local en termes de loisirs, d'activités industrielles ou agricoles…

Après tout réaménagement, compte tenu de la perte en structuration et en faune du sol, il convient de laisser les terres végétales dans de bonnes conditions de recolonisation. Souvent les sols sont trop tassés et conduisent à des difficultés de reprises de la végétation ou à l'apparition de tapis de mousses (bryophytes). Il convient donc d'effectuer un travail fin du sol par passage de décompactage en profondeur et un passage de herse. Cependant, ceci doit être nuancé en cas de remise en état écologique où un sol compacté permet de retrouver des stades de végétations pionnières constituées de mousses et de lichens parfois rares et, sur substrat acide après exploitation de grès, la formation de landes à éricacées ou de tourbières à sphaignes lorsque le sol est gorgé d'eau.

Dans le cadre d'un projet de remise en état d'intérêt naturel, les habitats créés doivent prendre en compte à la fois les potentialités d'accueil des espèces mais également l'intérêt en termes de conservation de tel ou tel type d'habitats en fonction des caractéristiques du site (humidité des sols, qualités physiques et chimiques des terres).

Bien qu'une diversité importante d'habitats soit favorable à la biodiversité, une taille minimale doit être respectée pour chacun d'entre eux. Il sera généralement préférable d'opter pour une surface généreuse plutôt que pour un morcellement d'habitats plus petits (ex. notamment des roselières). Par ailleurs, dans le respect des trames verte et bleue, la complémentarité des milieux doit également être prise en compte, notamment en termes de fonctionnalité : les espèces animales dépendent d'habitats différents en fonction de leurs activités (nourrissage, reproduction, repos, hivernage) et l'objectif de création de ces différents milieux au sein d'un même site peut être recherché.

Il faut noter que le réaménagement ne permet pas de recréer totalement les milieux détruits lors de l'exploitation, les conditions pré et post carrières étant trop différentes, notamment au niveau de la structuration du sol. La carrière permet de créer de nouveaux milieux qui, même s'ils peuvent sembler très similaires par rapport aux habitats antérieurs, ne le sont pas, notamment de par leur fonctionnalité. Il s'agit en effet de milieux de substitution. L'impact de ce nouveau milieu dépend du milieu initial et du réaménagement final. Il peut être positif lorsque des milieux naturels sont créés là où ils étaient fortement anthropisés ou négatif si la carrière dégrade des milieux naturels intéressants ou si les réaménagements sont de piètre qualité.

De nombreuses carrières réaménagées sont situées dans des ZNIEFF et sont largement intégrées dans des sites Natura 2000 pour leur contribution en termes d'habitats et d'espèces.

**Principes à retenir**

- Choisir un parti de réaménagement sur la base d'une analyse du site et de son environnement qui prenne en compte les spécificités locales (topographie, caractéristiques écologiques, hydrologie…) ainsi que les conditions liées à la vocation des espaces.
- Favoriser les solutions de réaménagement redonnant un plein usage des sols.
- La création de plans d'eau doit être limitée aux cas de nécessité sous réserve du respect des mesures réglementaires existantes. Pour ce mode de réaménagement, il convient de prévoir la diversification de la forme et du profil des berges et la création de hauts fonds.
- Lors de la remise en état, éviter de créer des zones inaccessibles avec des pentes trop fortes et rechercher une harmonie avec la topographie locale en limitant notamment les dispositions uniformes et rectilignes des fronts, talus et banquettes. Un front témoin présentant un caractère écologique ou géologique intéressant peut être conservé.
- Favoriser la conservation des espèces végétales particulières peuplant initialement la zone en les mettant en réserve (jauge, pépinière) avant le début de l'exploitation, en vue de leur utilisation pour la remise en état.
- Concevoir le mode de conservation et de régalage des terres, mais également l'aménagement des pentes, en vue de favoriser la reconquête végétale.
- Végétaliser les zones soumises à l'érosion.

## *II - Avant l'exploitation*

En premier lieu, il est nécessaire de bien connaître tous les paramètres extérieurs qui vont conditionner les possibilités de réaménagement. Ceux-ci doivent en toute logique être acquis ou suffisamment maîtrisés lors de l'élaboration de l'étude d'impact. Ils peuvent concerner :

- pour l'eau, le bilan hydrique, le fonctionnement de la nappe, la qualité des eaux...
- pour la pédologie, les propriétés du sol (physiques, chimiques, biologiques, mécaniques),
- les potentialités du site,
- la sensibilité et les caractéristiques paysagères des lieux,
- les caractéristiques écologiques locales et régionales,
- les servitudes éventuelles (documents d'urbanisme, abords de Monuments protégés, Schéma de vocation piscicole, etc ...).

Les besoins et les opportunités auxquels pourrait répondre l'utilisation de l'espace laissé par la carrière méritent d'être analysés avec le propriétaire du terrain. Dans certains cas, le carrier a tout intérêt à associer le maire à cette réflexion. Dès ce stade, l'exploitant doit réfléchir aux modalités de gestion du futur site.

Le carrier conçoit ensuite le projet de remise en état et détermine les modalités du traitement paysager.

Certaines dispositions font partie intégrante de l'exploitation : forme, profondeur et étendue de l'excavation, zones-tampon, pentes ... D'autres font l'objet de travaux spécifiques. Il est souhaitable d'intégrer la notion de remise en état progressive dans le phasage de l'exploitation.

Le carrier a l'obligation d'opter pour un parti de réaménagement dans son dossier d'ouverture. Mais le laps de temps qui sépare l'ouverture de la fermeture de la carrière peut être trop long pour pouvoir fixer de façon définitive certaines vocations du site après-carrière. Dans ce cas, l'arrêté d'autorisation pourra demander que l'exploitant produise un dossier complémentaire précisant les modalités de la remise en état. Celui-ci est à présenter quelques années avant l'échéance de l'autorisation lorsque les données physiques manquantes sont acquises (concernant notamment le bilan hydrique et le fonctionnement de la nappe d'eau souterraine) et, surtout, lorsque la future vocation du site se précise (cf. orientation 2.i).

Par ailleurs, le carrier peut demander, à tout moment, la modification de la remise en état prévue en déposant en préfecture une demande de modification des conditions d'exploitation.

**Principes à retenir**

- En concertation avec les maires et propriétaires du terrain, déterminer le parti de réaménagement en tenant compte de l'environnement du site et de ses potentialités.
- Rechercher les besoins auxquels peut répondre le réaménagement.
- Choisir entre la création d'un paysage nouveau ou l'insertion paysagère dans le site environnant.
- Chercher très tôt des pistes pour la gestion ultérieure du site réaménagé.

## *III - Pendant l'exploitation*

L'acquisition de données complémentaires (pluviométrie, bilan hydrique,...) au cours des premières années de l'exploitation est généralement nécessaire pour valider les hypothèses du parti de réaménagement. Certaines options pour la remise en état pourront même être testées en vraie grandeur avant validation définitive. Le plan d'exploitation et la remise en état peuvent en conséquence être corrigés et adaptés.

Dès le début de l'exploitation, il y a lieu d'effectuer le décapage et le stockage des terres de découverte en préservant autant que faire se peut leurs qualités pédologiques. Pour cela il est recommandé de séparer les différents horizons humifères, de limiter la durée et la hauteur des stockages. D'autres solutions que leur stockage en merlon sur la bande des 10 mètres en limite d'exploitation doivent être recherchées. Dans le cas contraire et lorsque les volumes sont importants, c'est ce merlon qui est le plus visible et qui parfois trahit la présence de la carrière.

Au cours de l'exploitation, le besoin de stocker les stériles vient s'ajouter aux volumes issus de la découverte. La difficulté de dégager des surfaces de stockage suffisantes ne doit pas justifier la constitution d'écrans visuels ou anti-bruit hors de proportions avec le rôle qu'ils sont censés jouer.

Certaines dispositions du programme de la remise en état peuvent être entamées sans attendre : travaux d'insertion paysagère, aménagement des abords, écrans végétaux, ... Elles doivent être mises en oeuvre dans l'objectif de contribuer à la remise en état finale. Par exemple, lorsqu'il est prévu de planter une haie en limite de la carrière, elle est à réaliser en pied plutôt qu'en sommet des merlons pour permettre leur suppression en fin de carrière tout en conservant la haie. De même, les clôtures peuvent être doublées par des plantations plus durables et plus efficaces.

L'organisation de l'exploitation doit chercher à intégrer la notion de remise en état progressive. A chaque fois que cela est possible, elle doit chercher à hâter la libération des parties du site (abords, fronts, carreaux, plates-formes, ...) sans utilité dans le souci de les remettre en état. Il s'agit de réduire l'emprise de la carrière en chantier et d'accélérer la cicatrisation paysagère (cf. orientation 2.e).

**Principes à retenir**

- Acquérir des données complémentaires (piézométrie, hydrologie et météorologie) pour caler les caractéristiques des aménagements.
- Planter des abords participant à la fois à la constitution d'écrans et à la remise en état finale.
- Libérer des parties pour une remise en état au fur et à mesure de l'avancement de la carrière.

## *IV - En fin d'exploitation*

Certaines précautions sont à prendre au cours des mouvements de terre :

- En cas d'apport de matériaux extérieurs à la carrière, s'assurer de leur caractère inerte et ne pas introduire avec eux des espèces indésirables, ...).
- S'il y a comblement de l'excavation, s'assurer du bon assainissement du carreau (nivellement, pente, drainage, rejet...).
- Respecter les horizons humifères lors du régalage de la terre végétale.
- Eviter un talutage rectiligne laissant au site un aspect trop artificiel.
- Aménager les pentes.
- Faire disparaître les dépôts de toute nature, les merlons et les bassins mis en place pour les besoins de l'exploitation lorsqu'ils ne contribuent pas à la remise en état.

En ce qui concerne les plantations, choisir les essences locales permet de s'assurer que les plantations participeront à la cicatrisation de la carrière puisqu'elles permettront une bonne intégration dans le paysage environnant. De plus, elles ont davantage de chance d'être mieux adaptées aux conditions du sol. Il convient par ailleurs de s'assurer qu'elles disposent d'une bonne résistance au changement climatique et qu'elles sont peu allergisantes.

Il peut survenir, au cours de l'exploitation, que la vocation du site postérieure à la carrière s'avère irréaliste ou inopportune. Si c'est l'économie générale de la remise en état qui est mise en cause, il y a lieu de déposer une demande de modification des modalités d'exploitation. Ce n'est pas le cas si l'importance des modifications est jugée mineure par l'autorité de tutelle. La commission de suivi peut, le cas échéant, jouer un rôle important dans l'évolution du projet de remise en état en fonction de celle du contexte environnemental de la carrière.

**Principes à retenir**

- Supprimer tous les vestiges de l'exploitation, dépolluer le site et sécuriser les fronts.
- Mener les derniers travaux de terrassement, de plantations et les aménagements.
- Elaborer éventuellement des orientations de gestion pour assurer une gestion équilibrée et pérenne du site réaménagé.
- Associer le gestionnaire ultérieur et lui présenter les différents types de remise en état et de réaménagement.

# ► Le traitement paysager : dissimulation ou nouveau paysage ?

La maîtrise de l'impact paysager d'une carrière commence dès le choix du site et dès la conception du projet de carrière. En effet, selon ses caractéristiques, un site se prête plus ou moins sur le plan paysager à l'installation d'une carrière. L'étude d'impact doit en conséquence traiter cette question de façon complète et convaincante. Une exploitation en fosse est peu visible contrairement à une configuration à flanc de coteau. Il faut également chercher à jouer sur la forme de la carrière et celle de l'excavation pour profiter du relief. Il est possible de réduire la perception de la carrière en conservant un éperon rocheux, en réalisant un merlon, en créant un accès «en sifflet», ...

Au même titre que d'autres interventions humaines - mais de façon plus radicale - une carrière contribue incontestablement à l'évolution d'un paysage. Il faut s'interroger sur la réponse la plus opportune à la situation rencontrée et choisir entre les deux partis pas forcément antagonistes : rechercher l'insertion paysagère (c'est à dire dissimuler, cicatriser, diminuer l'aspect artificiel ...) ou requalifier le paysage. En tout état de cause la cicatrisation écologique et la reconquête paysagère doivent se penser concomitamment et être conduites parallèlement.

## *I - Créer un nouveau paysage*

L'insertion paysagère est parfois illusoire si le front est très grand et puisqu'il est difficile d'imaginer retrouver le paysage antérieur, oser inventer un nouveau paysage peut être une solution.

On peut chercher à magnifier le front de taille et à en exalter l'aspect artificiel et monumental (évocation de remparts ou de fortifications, sculptures monumentales ...).

Il n'existe pas de règles pré-établies mais il est indispensable de bien comprendre les logiques paysagères du site environnant.

## *II - Rechercher l'insertion paysagère*

Les modalités d'insertion paysagères sont à définir en fonction de la perception visuelle de la carrière et des caractéristiques de l'unité paysagère dans laquelle elle s'installe (lignes de force du paysage, échelle du site, ambiances végétales et minérales, perceptions proches et lointaines, voies d'accès ...).

Les fronts de taille constituant en général l'impact paysager le plus important d'une carrière, le traitement de leur morphologie est essentiel. Le travail sur les fronts de taille peut se concevoir soit en création d'un nouveau paysage (cf. supra), soit en recherchant l'insertion paysagère. Il convient de diversifier leur aspect selon le parti d'aménagement paysager retenu et les potentialités du gisement exploité, en lien avec l'inventaire du patrimoine géologique normand : préservation des parois verticales à l'image d'abrupts existant à l'état naturel, création d'éboulis pour reconstituer des pierriers, fractionnement des fronts trop rectilignes, mise en évidence des particularités géologiques ...

La végétalisation bien pensée contribue à une insertion réussie de la carrière et à en diminuer l'aspect artificiel :

- ne pas souligner les banquettes par une plantation systématique,
- ne pas donner aux fronts une coloration d'un ton tranchant avec celui des abords du site,
- chercher à cloisonner l'espace en reconstituant le maillage bocager notamment dans le cas de carrières étendues et peu profondes comme les sablières hors d'eau,
- traiter les différentes zones du site exploité dans le prolongement des abords de la carrière.

Il convient de ne pas oublier que l'objectif recherché est de retrouver un paysage de qualité pour le site et ses abords. Il ne s'agit donc pas d'effectuer un camouflage végétal autour d'un site dégradé mais bien de requalifier le site lui-même.

# ► Les principaux types de remise en état et réaménagements en Basse-Normandie

Sans vouloir faire une classification exhaustive des types de remises en état, les principaux cas de figure susceptibles d'être rencontrés dans la région peuvent faire l'objet de recommandations simples.

## *I - Question préalable : plan d'eau ou non ?*

Le choix de la remise en état dépend d'un certain nombre de facteurs que ne maîtrise pas forcément l'exploitant. Parmi eux, les conditions météorologiques et hydrogéologiques du site engendreront fatalement, dans certains cas, la création d'un plan d'eau. Cette situation appelle un commentaire particulier.

La plupart des carrières importantes exploitent, dans la région, des roches massives. Elles démarrent généralement par une exploitation à flanc de coteau qui se poursuit en fosse. C'est le cas des carrières de quartzite, de schiste, de granite, de grès, voire de calcaire.

L'exploitation en fosse d'une carrière de roche massive, sous le niveau d'écoulement du cours d'eau le plus proche, conduit obligatoirement à envisager en fin d'exploitation la constitution d'un plan d'eau, compte tenu des bilans hydriques annuels excédentaires dans la région et des écoulements phréatiques. Aucun autre choix de remise en état,sauf comblement partiel avec les stériles et découvertes, ne s'offre au carrier lorsqu'une autorisation d'exploitation en profondeur lui a été délivrée.
Les caractéristiques chimiques des roches exploitées et hydrogéologiques du site conditionnent la qualité de l'eau du plan d'eau et le temps de remplissage. En dehors d'apports extérieurs, celui-ci peut prendre plusieurs années.

Si l'option «réaménagement en plan d'eau» découle de la configuration de l'exploitation, l'utilisation qui pourra être faite de celui-ci (plan d'eau à vocation naturelle, plan d'eau à vocation de loisirs ou touristique ou sportive) dépend de la qualité des eaux et du futur gestionnaire. Ces deux paramètres doivent donc être cernés dans le dossier initial. A défaut, le projet de remise en état pourra être complété, quelques années avant la fin de l'exploitation, en précisant les caractéristiques futures du plan d'eau et les mesures envisagées pour préserver le ou les cours d'eau en aval des rejets issus du plan d'eau.

Pour les plans d'eau à vocation naturelle, il conviendra de privilégier les hauts fonds à contours hétérogènes et de diversifier les pentes des berges pour laisser des zones de frayères.
Pour les plans d'eau à vocation de loisirs, la concertation avec le futur maître d'ouvrage ou/et le gestionnaire est primordiale.

Parmi les carrières de roches meubles, il faut différencier celles qui sont exploitées dans la nappe de celles qui ne le sont pas. Contrairement aux roches massives, il est possible, par une étude de la nappe dès l'origine du projet, de connaître la qualité et le niveau du plan d'eau final.

Le projet de remise en état peut donc être affiné dès l'origine. Il doit apporter toutes les garanties pour la préservation du milieu aquatique, de la qualité et du libre écoulement des eaux. En site de roches meubles à forte perméabilité, l'excavation de la carrière ainsi que l'éventuel plan d'eau mettent la nappe à jour, la privant d'une protection naturelle alors qu'elle peut être utilisée pour des usages sensibles comme l'alimentation en eau potable. Le comblement doit apporter les mêmes garanties.

La réglementation actuelle et la préservation de l'environnement tendent au maximum à limiter la création de plans d'eau. En effet, ces ouvrages sont sources de désordres environnementaux liés aux situations suivantes :

- rejets possibles en cours d'eau de pollutions organiques en cas de dystrophisation du plan d'eau,
- augmentation de la température et la raréfaction de l'oxygène dissous de l'eau rejetée,
- acidification de l'eau en présence de roches cristallines,
- risque d'introduction d'espèces animales ou végétales non représentatives de celles existant à l'état naturel sur le secteur concerné,
- présence de nuisances lors des vidanges,
- modification durable du paysage, avant atterrissement du plan d'eau, si ce dernier intervient,
- gestion des débits rejetés,
- présence de risques sanitaires et civil (contamination par contact avec l'eau et risques de noyades),
- envasements liés à l'eau rejetée (rejet de MES)
- pertes en eau par évaporation, évapotranspiration, infiltration et fuites

Les plans d'eau sont d'autant plus préjudiciables pour l'environnement que leur surface en eau est importante, que leur implantation s'exerce en amont de petits bassins versants et que leur densité est forte au sein d'un même bassin versant. Les effets cumulés liés à leur présence est un élément dont il faut tenir compte dans un choix d'aménagement. Ils sont en tout état de cause très préjudiciables lorsqu'ils sont en lien avec des cours d'eau de première catégorie piscicole.

## *II - Les principaux types de réaménagements*

Les principaux types de réaménagement sont :

1. Réaménagement à des fins agricoles ( cf annexe 6.1)
2. Réaménagement forestier (annexe 6.2)
3. Réaménagement pour créer des milieux écologiques (annexe 6.3)
4. Réaménagement pour un réaménagement à vocation urbaine (annexe 6.4)
5. Recommandations spécifiques pour un réaménagement à caractère pédagogique ou scientifique (annexe 6.5)
6. Le traitement des eaux acides (annexe 6.6)

# Les orientations

Les orientations retenues dans le cadre des schémas des carrières de Basse-Normandie sont regroupées selon les axes de la stratégie nationale.
A l'intérieur de ces axes, les orientations sont classées selon le déroulement de la vie d'une carrière.
Certaines orientations s'adressent spécifiquement aux maîtres d'ouvrage. Elles sont identifiées par le « (MO) » figurant à la fin de leur formulation

Les orientations sont les suivantes :

## ► Axe 1 : Répondre aux besoins et optimiser la gestion des ressources de façon économe et rationnelle

### ■ Les conditions d'ouverture de carrières

**Orientation 1.a** : Favoriser les approvisionnements de proximité en optimisant la distance entre les sites d'extraction, de transformation et les lieux de consommation

Les transports de granulats internes à la région Basse-Normandie se font exclusivement par route. Le report modal semble difficile voire impossible en interne à la région.
L'utilisation des carrières de proximité permet de limiter les émissions de CO2 liés au transport de granulat. Il faut donc les favoriser et saisir, en ce qui les concerne, toute opportu nité de report modal.

### ■ Les conditions d'exploitation et de réduction des impacts sur l'environnement

**Orientation 1.b** : Optimiser une gestion économe des matières premières (MO) :
en réservant l'utilisation de matériaux « nobles » pour des usages spécifiques
en développant l'usage des co-produits d'exploitation
en faisant la promotion de matériaux de qualité « secondaire » et des matériaux de substitution

**Orientation 1.c** : Valoriser les gisements spécifiques à la Basse-Normandie et réserver ces matériaux pour leurs usages particuliers (cf chapitre « Inventaire des ressources connues en matériaux de carrières) (MO).

**Orientation 1.d** : Valoriser les co-produits d'exploitation en indiquant leur destination envisagée

### ■ Les conditions de remise en état des lieux et réaménagement

Pas d'orientation particulière

# ► Axe 2 : Inscrire les activités extractives dans le développement durable

## ■ Les conditions d'ouverture de carrières

**Orientation 2.a** : Recommander un cadrage environnemental préalable à la demande du pétitionnaire auprès du service instructeur

**Orientation 2.b** : Dans les dossiers de demande d'exploitation, les points suivants seront systématiquement détaillés :

- préciser la ou les nappes éventuellement interceptées par l'exploitation
- décrire précisément les écoulements souterrains
- identifier dans le détail les impacts de la carrière sur la ou les nappes (prélèvements / rejets), sur les écoulements souterrains et les milieux naturels associés.

**Orientation 2.c** : Avoir pris en compte l'ensemble des enjeux environnementaux tels qu'ils ont été identifiés dans la partie « Les zones à enjeux environnementaux dont la protection doit être privilégiée » du schéma des carrières y compris le volet « paysage »

**Orientation 2.d** : Dans le résumé accompagnant le dossier de demande d'exploitation, préciser la connaissance géologique (sédimentaire, structurale et patrimoniale) de la ressource.

## ■ Les conditions d'exploitation et de réduction des impacts sur l'environnement

**Orientation 2.e** : Dans un enjeu de maîtrise de consommation de l'espace, optimiser la surface en exploitation et remettre en état à l'avancement quand la typologie de carrière le permet.

**Orientation 2.f** : Promouvoir les pratiques d'extraction qui engendrent le moins d'impacts négatifs pour l'environnement et la santé.

**Orientation 2.g** : Privilégier et développer les modes de transport des matériaux économes en émission de gaz à effet de serre. Justifier les modes de transport retenus et les itinéraires de transport.

Les études d'impact des dossiers d'autorisations administratives des exploitations de carrières devront intégrer une réflexion sur les modes de transports alternatifs, dès lors que la carrière, de part son volume autorisé annuel ou les caractéristiques spécifiques des matériaux extraits, a vocation à desservir des zones éloignées (plus de 100 km) pour une part importante de sa production (1 300 tonnes par semaine, soit un train entier). Cette démarche ne concernera par ailleurs que les carrières à proximité immédiate d'une voie ferrée exploitée selon RFF ou d'un port maritime de commerce.
Cette réflexion examinera les possibilités commerciales d'utilisation du ferroviaire ou du mode maritime, en fonction des clients et des marchés envisagés, étudiera en première approche les possibilités techniques d'utilisation du port, de l'embranchement de la nouvelle carrière, ou de l'utilisation d'une plate-forme ferroviaire existante à proximité, et évaluera les coûts du mode alternatif envisagé, comparé au mode routier.
Le demandeur justifiera le cas échéant qu'il n'est pas concerné par la démarche ou intégrera les éléments de sa réflexion sur l'utilisation des modes alternatifs à son dossier de demande.

**Orientation 2.h** : Favoriser la création de plates-formes spécifiques de tri sélectif et de recyclage (MO)
Pour cette orientation, un lien doit être fait avec les schémas des déchets du BTP.

### ■ Les conditions de remise en état des lieux et réaménagement

**Orientation 2.i** : Réaliser une évaluation, au moins 2 ans avant la fermeture de l'exploitation, des mesures de remise en état prévues dans l'arrêté d'autorisation : à l'aide d'un nouvel inventaire environnemental si l'État - service instructeur le juge nécessaire, « ajuster » éventuellement les mesures de remise en état prévues dans le dossier initial au nouveau contexte et aux nouvelles techniques

**Orientation 2.j** : Encourager, quand cela est possible, et dans le cadre de la remise en état de la carrière, le remblayage des excavations, dans le respect de la réglementation en vigueur (notamment celle des ISDI), sous réserve d'une étude hydrogéologique détaillée et d'une étude de préservation du patrimoine géologique.

## ► Axe 3 : développer le recyclage et l'emploi de matériaux recyclés

### ■ Les conditions d'ouverture de carrières

Pas d'orientation particulière

### ■ Les conditions d'exploitation et de réduction des impacts sur l'environnement

**Orientation 3.a** : Faire tendre la part de matériaux recyclés à 10 % au minimum dans les 10 prochaines années (MO)

### ■ Les conditions de remise en état des lieux et réaménagement

Pas d'orientation particulière

## ► Axe 4 : Encadrer le développement de l'utilisation des granulats marins dans la définition et la mise en oeuvre d'une politique maritime intégrée

Cet axe ne concerne pas directement les schémas des carrières. Cependant, il est apparu intéressant de formaliser une orientation.

### ■ Les conditions d'ouverture de carrières

**Orientation 4.a** : Préciser dans le dossier la nature et le volume des granulats marins faisant l'objet de la demande.

### ■ Les conditions d'exploitation et de réduction des impacts sur l'environnement

Pas d'orientation particulière

### ■ Les conditions de remise en état des lieux et réaménagement

Pas d'orientation particulière

# Les modalités de suivi des schémas des carrières bas-normands

Le suivi environnemental du Schéma des carrières doit se donner les moyens d'évaluer les effets directs indirects et induits de sa mise en œuvre. Le schéma des carrières n'a que peu d'effets directs, mais il induit des effets à plusieurs niveaux :

- Les conditions locales d'ouverture, d'exploitation et de réaménagement des carrières ;
- Les effets de masse liés aux ouvertures des différentes carrières compte tenu de leur dispersion, ou de leur concentration sur certaines zones géographiques, avec des incidences sur l'eau, les GES, la biodiversité, les paysages et le patrimoine, le milieu humain, les transports… Parmi ces effets il faut aussi compter avec les effets de reports de localisation, ou d'impacts négatifs ou positifs.

Aussi le suivi doit prendre appui sur ces deux niveaux :

- Une approche territorialisée fondée sur un suivi des productions locales, de leurs événements d'exploitation et de leurs aléas divers. Les contenus des études d'impacts préalables, entre autre permettront de préciser des indicateurs de suivi. Cette approche devrait permettre une compilation régionale de données quantitatives et qualitatives se rapportant aux effets suivis. Ces indicateurs de suivis ne peuvent donc pas être définis à ce stade.
- Une approche régionale à plus grande échelle permettant d'avoir une vision globale sur les effets cumulatifs des ouvertures, des exploitations et de leur réaménagement : incidence sur les différents composants explorés dans l'état initial de l'environnement de la présente évaluation environnementale.

Pour cette approche régionale, les indicateurs de suivi des schémas des carrières sont les suivants :

- nombre de demandes d'exploitation
- nombre de demandes d'exploitation respectant les orientations du schéma des carrières
- nombre d'autorisations délivrées en zone orange
- nombre d'autorisations délivrées en zone jaune

Le suivi environnemental des effets du schéma des carrières pourrait être assuré par le développement d'une base de données permettant de centraliser des données utiles relatives aux carrières. Celles-ci étant soumises au régime ICPE, la base de données pourrait être constituée partiellement à partir de celle existant dans le cadre du suivi des installations classées. L'association à une cartographie SIG permettrait de croiser ces informations avec celles relatives aux zones à enjeux (milieux naturels, captages AEP, etc.).

Par ailleurs, l'UNICEM et la cellule économique de la construction de la Basse-Normandie envisagent de mettre en place en partenariat un observatoire régional des matériaux de la construction. Cet observatoire permettra de suivre les productions (quantités, nature des matériaux, …), les consommations ainsi que les flux entrants et sortants.

# Annexes

# Annexe 1.1 : liste des carrières actives de Basse-Normandie

| REF | ENTREPRISE localisation | INSEE | COMMUNE | PRODUIT | FIN AP | PRODMAX (kt) | REAMENAGEMENT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 913 | Fours à chaux | 14194 | COURTONNE-LES-DEUX-EGLISES | Amendement | 2033 | 25 | Paysager |
| 911 | Les Aucrais Site 2 | 14145 | CAUVICOURT | Amendement | 2027 | 490 | Zone agricole |
| 69662 | Le Botelet | 14149 | CESNY-AUX-VIGNES | Argiles | 2022 | 30 | Plan d'eau |
| 71493 | Les Fosses d'Enfer | 14462 | NEUILLY-LA-FORET | Argiles | 2027 | 45 | Plan d'eau,Paysager |
| 938 | La Tuilerie | 14698 | TOUFFREVILLE | Argiles | 2041 | 150 | Forêt |
| 71485 | Bernesq | 14063 | BERNESQ | Argiles | 2019 | 14 | Zone agricole |
| 920 | La Briqueterie | 14303 | GLOS | Argiles | 2028 | 10 | Zone agricole |
| 71487 | Le Mesnil | 14046 | BAVENT | Argiles | 2031 | 50 | Paysager |
| 66045 | La basse hoguette | 14530 | RANVILLE | Calcaire | 2035 | 810 | Réaménagement Ecologique |
| 66047 | La Davière, Les Carrières, Pont Maurin | 14559 | SAINT-AUBIN-DES-BOIS | Calcaire | 2025 | 550 | Plan d'eau |
| 909 | Le Mont Tornu | 14074 | BILLY | Calcaire | 2029 | 320 | Zone agricole |
| 66072 | Les Pérelles | 14228 | DOUVRES-LA-DELIVRANDE | Calcaire | 2015 | 120 | Remblaiement |
| 66074 | La Butte | 14057 | BELLENGREVILLE | Calcaire | 2029 | 90 | Zone agricole |
| 66076 | Petite Londette, Grande Londette, Carrière d'Orival | 14008 | AMBLIE | Calcaire | 2028 | 90 | Réaménagement Ecologique |
| 71441 | Le Genais, les carrières | 14160 | CINTHEAUX | Calcaire, Ornementale | 2033 | 9 | Réaménagement Ecologique |
| 65331 | Les Carrières | 14646 | SAINT-PIERRE-CANIVET | Calcaire, ornementale | 2012 | 11 | Zone agricole |
| 65330 | Le Bois, La Croix Bidois | 14762 | VIRE | Cornéenne | 2018 | 225 | Plan d'eau |
| 66068 | Les Chambrettes | 14296 | LE GAST | Granite, ornementales | 2014 | 1 | Plan d'eau |
| 921 | Dialan | 14347 | JURQUES | Grès | 2034 | 150 | Réaménagement Ecologique |
| 932 | Le Breuil | 14497 | PERRIERES | Grès | 2026 | 600 | Plan d'eau |
| 918 | La carrière de Feuguerolles | 14266 | FEUGUEROLLES-BULLY | Grès | 2016 | 0 | Réaménagement Ecologique |
| 66051 | Les Bruyères | 14619 | SAINTE-MARIE-OUTRE-L'EAU | Grès | 2011 | 300 | Paysager |
| 65335 | La Meilleraie, Carrière de Vignats | 14751 | VIGNATS | Grès | 2031 | 3000 | Plan d'eau |
| 66064 | L'hermitage, la butte | 14508 | LE PLESSIS-GRIMOULT | Grès | 2013 | 25 | Zone agricole,Paysager |
| 941 | Carrière de Vignats | 14751 | VIGNATS | Grès | 2031 | 3000 | Plan d'eau |
| 65332 | Les Vaux | 14727 | VAUBADON | Grès | 2018 | 1000 | Plan d'eau |
| 66062 | Le moulin de cheux, le pré de cheux, le calvados, la récompe | 14454 | MOUEN | Grès | 2019 | 750 | Plan d'eau |
| 66067 | La Roche Blain | 14290 | FRESNEY-LE-PUCEUX | Grès | 2021 | 1300 | Réaménagement Ecologique |
| 935 | Etavaux | 14556 | SAINT-ANDRE-SUR-ORNE | Grès, Ornementale | 2032 | 500 | Indéterminé,Paysager |
| 343 | La Coliberderie | 14209 | CROUAY | Sables | 2020 | 70 | Plan d'eau |
| 344 | Le Boulain | 14250 | ESQUAY-SUR-SEULLES | Sables | 2027 | 1300 | Forêt |
| 318 | Le Cognet | 14733 | VAUX-SUR-SEULLES | Sables | 2015 | 350 | Forêt |
| 342 | La Ferme | 14630 | SAINT-MARTIN-DES-ENTREES | Sables | 2027 | 700 | Zone agricole |
| 66054 | Les Bruyères | 14443 | MONTCHAUVET | Schiste | 2012 | 60 | Réaménagement Ecologique |
| 66077 | Les carrières, la vallerie, la roche chauvin, la rocque | 14065 | BERNIERES-LE-PATRY | Schiste | 2019 | 100 | Zone agricole |
| 66065 | Carrière de Proussy, La Bruyère | 14523 | PROUSSY | Schiste | 2013 | 80 | Paysager |
| 319 | Marais de Selsoif | 50551 | SAINT-SAUVEUR-LE-VICOMTE | Alluvion | 2011 | 600 | Plan d'eau |
| 321 | Le Grand Champ | 50168 | DUCEY | Alluvion | 2023 | 55 | Zone agricole |
| 126882 | L'Anse de Moidrey | 50410 | PONTORSON | Alluvion | 2019 | 570 | Zone humide |
| 1013 | Le Varolay | 50452 | SAINT-BRICE-DE-LANDELLES | Cornéenne | 2033 | 350 | Remblaiement |
| 69241 | Le Moullinet | 50256 | ISIGNY-LE-BUAT | Cornéenne | 2028 | 150 | Indéterminé |
| 69226 | Le Bois d'Atré | 50487 | SAINT-JAMES | Granite | 2017 | 10 | Paysager |
| 989 | Chaillou | 50525 | SAINT-MICHEL-DE-MONTJOIE | Granite | 2035 | 130 | |
| 1000 | Les Bavents | 50572 | SENOVILLE | Grès | 2033 | 30 | Indéterminé |
| 967 | Le Rocher Blin | 50326 | LE MESNIL-VILLEMAN | Grès | 2032 | 4 | Indéterminé |
| 69224 | Le Fùt, la Cosmetière, la Montagne | 50093 | CAMETOURS | Grès | 2018 | 300 | Paysager |
| 1018 | Le ravigny | 50608 | TROISGOTS | Grès | 2026 | 200 | |
| | Mangeas | 50443 | SACEY | Sables | 2022 | 62 | Indéterminé |
| | TPC | 50142 | COSQUEVILLE | Granite | 2020 | 100 | Indéterminé |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1025 | Les Trois Cornières | 50460 | SAINTE-CROIX-HAGUE | Grès | 2024 | 5 | |
| 69227 | La Grande Lande | 50460 | SAINTE-CROIX-HAGUE | Grès | 2015 | 200 | Indéterminé |
| 69243 | Champ de la Mare | 50224 | GUILBERVILLE | Grès | 2036 | 350 | Indéterminé |
| 1012 | Le Bois Tyson | 50087 | BRIX | Grès | 2006 | 1300 | Réaménagement Ecologique en cours |
| 69238 | La Carrière | 50386 | OMONVILLE-LA-ROGUE | Grès | 2020 | 1 | Indéterminé |
| 69201 | La Héberde | 50029 | BARENTON | Grès | 2013 | 150 | Réaménagement Ecologique |
| 69202 | Le Bois de la Roquette | 50082 | BRICQUEBEC | Grès | 2023 | 600 | Indéterminé |
| 1027 | La Lande de Biville, Les Vaux | 50057 | BIVILLE | Grès | 2028 | 300 | Réaménagement Ecologique |
| 69233 | La Maléfantière | 50337 | MONTANEL | Grès | 2027 | 200 | Paysager |
| 1010 | Des Roches | 50395 | LA PERNELLE | Grès | 2022 | 150 | Indéterminé |
| 69231 | Les Carrières Rouges | 50364 | MUNEVILLE-LE-BINGARD | Grès | 2037 | 1000 | Indéterminé |
| 1023 | Claire Fontaine | 50623 | VAUVILLE | Grès | 2037 | 50 | Paysager |
| 1008 | Le Mont Colquin | 50166 | DOVILLE | Grès | 2027 | 500 | Paysager |
| 1017 | Le Mont Rogneux | 50341 | MONTEBOURG | Grès | 2031 | 600 | Indéterminé |
| 1033 | La Lande de Bosquet | 50332 | LES MOITIERS-D'ALLONNE | Grès | 2030 | 0 | Indéterminé |
| 69223 | Le Roule | 50129 | CHERBOURG-OCTEVILLE | Grès | 2026 | 400 | Indéterminé |
| 323 | Le Haut Pitois | 50270 | LIEUSAINT | Sables | 2013 | 400 | Paysager |
| 322 | Les Granges | 50478 | SAINT-GERMAIN-DE-TOURNEBUT | Sables | 2015 | 180 | Zone agricole |
| 326 | La Cavée | 50552 | SAINT-SEBASTIEN-DE-RAIDS | Sables | 2030 | 300 | Forêt |
| 968 | Le Moulin Richard | 50217 | LE GRAND-CELLAND | Schiste | 2015 | 50 | Plan d'eau |
| 980 | La Jugannière | 50409 | PONT-HEBERT | Schiste | 2029 | 150 | Indéterminé |
| 981 | Mont Canel | 50414 | PRECORBIN | Schiste | 2033 | 400 | Indéterminé |
| 1015 | La Jaunais | 50069 | BOURGUENOLLES | Schiste | 2033 | 650 | Indéterminé |
| 69240 | Cosnicat | 50066 | JULLOUVILLE | Schiste | 2025 | 450 | Indéterminé |
| 1002 | La Bottinière | 50592 | TESSY-SUR-VIRE | Schiste | 2014 | 300 | Paysager |
| 1011 | Apilly | 50554 | SAINT-SENIER-SOUS-AVRANCHES | Schiste | 2016 | 400 | Indéterminé |
| 69222 | Le Pré | 50139 | CONDE-SUR-VIRE | Schiste | 2030 | 0 | Milieux ouverts (prairies, pelouse, landes) |
| 975 | La Vassière | 50354 | MONTSURVENT | Schiste | 2037 | 500 | Indéterminé,Paysager |
| 963 | La Galoberie | 50179 | FERRIERES | Schiste | 2019 | 150 | Indéterminé |
| 966 | Les Vallées | 50037 | LA BAZOGE | Schiste | 2026 | 250 | Milieux ouverts (prairies, pelouse, landes),Indéterminé |
| 71480 | Marais de Gorges | 50210 | GORGES | Tourbe | 2026 | 42 | Plan d'eau |
| 1040 | La Baudonnière | 61146 | DOMPIERRE | Alluvion | 2013 | 25 | Réaménagement Ecologique |
| 1034 | Le Petit Moulon | 61005 | APPENAI-SOUS-BELLEME | Calcaire | 2010 | 10 | Zone agricole |
| 1041 | Les Sablonnières | 61153 | ECOUCHE | Calcaire | 2029 | 250 | Réaménagement Ecologique |
| 1061 | Croche Meslier | 61207 | IGE | Calcaire | 2010 | 10 | Zone agricole |
| 1052 | Bellevue | 61404 | SAINT-HILAIRE-LE-CHATEL | Calcaire | 2013 | 20 | Réaménagement Ecologique |
| 70590 | Les Blancs Friches, Les Chesnots | 61183 | GAPREE | Calcaire | 2015 | 5 | Paysager |
| 1055 | Le Plafond | 61407 | SAINTE-HONORINE-LA-CHARDONNE | Cornéenne | 2026 | 700 | Indéterminé |
| 1058 | Les Rondes Noës | 61486 | TINCHEBRAY | Cornéenne | 2025 | 300 | Réaménagement Ecologique |
| 1036 | Les Bruyères et Le Petit Hameau | 61051 | BOITRON | Grès | 2030 | 400 | Réaménagement Ecologique |
| 1037 | Le Follet | 61081 | CHAILLOUE | Grès | 2029 | 2500 | Plan d'eau |
| 1056 | Fontaineriant | 61464 | SEES | Grès | 2020 | 200 | Zone de loisirs |
| 1059 | La Garenne de Villedieu | 61490 | TOURNAI-SUR-DIVE | Grès | 2033 | 250 | Plan d'eau |
| 1046 | La Houssière | 61500 | LA VENTROUZE | Sables | 2028 | 400 | Forêt |
| 1039 | Les Noës | 61128 | COURCERAULT | Sables | 2010 | 100 | Paysager |
| 1047 | La Heslière | 61230 | LONGNY-AU-PERCHE | Sables | 2009 | 300 | Réaménagement Ecologique |
| 1035 | Les Herbages de la Meslerie | 61046 | BIZOU | Sables | 2021 | 150 | Paysager |
| 1050 | Fossard | 61296 | MOULICENT | Sables | 2026 | 0 | Indéterminé |
| 1051 | Le Plessis | 61357 | ROUPERROUX | Volcanique | 2026 | 500 | Plan d'eau,Zone agricole |

# Annexe 1.2 : Tableaux de l'évolution des productions autorisées entre 2002 et 2009 par type de matériau

| | 2002 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 93 667 | 121 593 | 0 | 215260 |
| Alluvions hors d'eau | 1 212 172 | 411 676 | 500 231 | 2124079 |
| Calcaire | 1 085 863 | 0 | 381 121 | 1 466 984 |
| Roche dure | 6 056 022 | 4 946 897 | 2 880 642 | 13 883 561 |
| Autres | 0 | 84 700 | 0 | 84 700 |
| Total | 8 447 724 | 5 564 866 | 3 761 994 | 17 774 584 |

| | 2003 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 102 643 | 92 789 | 0 | 195 432 |
| Alluvions hors d'eau | 1 192 753 | 397 752 | 499 043 | 2 089 548 |
| Calcaire | 1 220 649 | 0 | 212 976 | 1 433 625 |
| Roche dure | 5 772 849 | 4 954 913 | 3 158 221 | 13 885 983 |
| Autres | 0 | 104 400 | 0 | 104 400 |
| Total | 8 288 894 | 5 549 854 | 3 870 240 | 17 708 988 |

| | 2004 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 97 212 | 160 000 | 0 | 257 212 |
| Alluvions hors d'eau | 1 199 839 | 413 940 | 559 229 | 2 173 008 |
| Calcaire | 1 304 374 | 0 | 192 579 | 1 496 953 |
| Roche dure | 5 273 795 | 5 121 684 | 3 552 025 | 13 947 504 |
| Autres | 0 | 80 604 | 0 | 80 604 |
| Total | 7 875 220 | 5 776 228 | 4 303 833 | 17 955 281 |

| | 2005 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 98 215 | 148 000 | 0 | 246 215 |
| Alluvions hors d'eau | 1 356 102 | 454 571 | 539 332 | 2 350 005 |
| Calcaire | 1 346 073 | 0 | 175 854 | 1 521 927 |
| Roche dure | 5 424 421 | 4 939 542 | 3 347 364 | 13 711 327 |
| Autres | 0 | 65 350 | 0 | 65 350 |
| Total | 8 224 811 | 5 607 463 | 4 062 550 | 17 894 824 |

| | 2006 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 73 523 | 76 363 | 0 | 149 886 |
| Alluvions hors d'eau | 1 489 842 | 531 303 | 561 933 | 2 583 078 |
| Calcaire | 1 253 562 | 0 | 168 424 | 1 421 986 |
| Roche dure | 5 521 296 | 5 617 906 | 3 590 129 | 14 729 331 |
| Autres | 0 | 128 000 | 0 | 128 000 |
| Total | 8 338 223 | 6 353 572 | 4 320 486 | 19 012 281 |

| | 2007 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 29 226 | 106 536 | 0 | 135 762 |
| Alluvions hors d'eau | 1 548 569 | 600 014 | 707 140 | 2 855 723 |
| Calcaire | 1 391 317 | 0 | 202 021 | 1 593 338 |
| Roche dure | 5 945 600 | 6 000 445 | 3 761 222 | 15 707 267 |
| Autres | 0 | 161 479 | 0 | 161 479 |
| Total | 8 914 712 | 6 868 474 | 4 670 383 | 20 453 569 |

| | 2008 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 8 500 | 116 497 | 0 | 124 997 |
| Alluvions hors d'eau | 1 595 236 | 521 531 | 692 531 | 2 809 298 |
| Calcaire | 1 303 597 | 0 | 196 626 | 1 500 223 |
| Roche dure | 6 323 475 | 5 713 921 | 3 541 201 | 15 578 597 |
| Autres | 0 | 153 735 | 0 | 153 735 |
| Total | 9 230 808 | 6 505 684 | 4 430 358 | 20 166 849 |

| | 2009 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Calvados (14) | Manche (50) | Orne (61) | Région |
| Alluvions en eau | 6 000 | 183 179 | 0 | 189 179 |
| Alluvions hors d'eau | 1 429 203 | 466 232 | 539 284 | 2 434 719 |
| Calcaire | 1 202 120 | 0 | 134 740 | 1 336 860 |
| Roche dure | 6 190 923 | 5 089 018 | 3 156 980 | 14 436 921 |
| Autres | 0 | 105 920 | 0 | 105 920 |
| Total | 8 828 246 | 5 844 349 | 3 831 004 | 18 503 598 |

# Annexe 2.1 : caractéristiques mécaniques et composition chimique de quelques roches de Basse-Normandie

## ■ Granite de Flamanville

Les essais en laboratoire font apparaitre les résultats suivants :

- modules en compression : ≈ 100 MPa
- modules en traction : [1.8 ; 8] MPa
- ρ : 2,67 t/m3
- porosité : 0.24%
- Abrasivité : 1750 g/T
- Broyabilité : 35 %

Les altérites de ce granite donnent un sable argileux dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ρ sèche : 1,85 à 2,05 t/m3
- ρ humide : 2,15 à 2,25 t/m3
- Passant à 80 µm : 20 à 25 %
- Limite d'Atterberg : LL = 48 à 60 %, IP = 17 à 27 % (Sable argileux, classe géotechnique B6)

Les cornéennes cambriennes et ordoviciennes situées dans l'auréole de métamorphisme du granite de Flamanville disposent des caractéristiques mécaniques suivantes :

- modules en compression : [250 ; 340] MPa suivant si la contrainte est exercée dans une direction parallèle (250), ou perpendiculaire à la stratification (340)
- modules en traction : ≈ 11 MPa pour un matériau sain
- ρ : 2,75 t/m3
- porosité : 0.21%
- dureté : 80 à 200 points CERCHAR : roche dure à très dure.
- Abrasivité : 2100 g/T LCPC, 1 à 3 points CERCHAR : roches moyennement abrasives
- Broyabilité : 23 %

Les cornéennes apparaissent plus résistantes que le granite qui les a métamorphisées. Il convient de noter leur très bonne résistance à la compression.

Données extraites du document « Caractéristiques mécaniques des roches métamorphiques du Nord Cotentin (partie 2.5 : Géologie générale du site – sismicité et sismologie du « rapport préliminaire de sureté de Flamanville 3 », EDF)

## Compositions chimiques de roches magmatiques

(pourcentages pondérés des oxydes)

| | Granodiorite à biotite et cordiérite | | Leucogranodiorite | Leucogranite | | Dolérite | | Granite de Flamanville | | diortite quartzique (tonalite) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart type | Moyenne | Moyenne | Ecart type | Moyenne | Ecart type | Moyenne | Ecart type | Moyenne | Ecart type |
| SiO2 | 68,48 | 0,25 | 68,85 | 74,63 | 1,11 | 49,72 | 1,11 | 67,79 | 1,85 | 62,19 | 2,62 |
| Al2O3 | 15,21 | 0,17 | 14,94 | 14,33 | 0,68 | 14,17 | 1,74 | 13,47 | 1,13 | 17,75 | 0,96 |
| Fe2O3 | 4,01 | 0,14 | 4,08 | 0,85 | 0,52 | 16,94 | 1,46 | 5,65 | 0,73 | 5,07 | 2,00 |
| MnO | 0,05 | 0,01 | 0,07 | | | 0,21 | | 0,39 | 0,35 | 0,20 | 0,09 |
| MgO | 1,37 | 0,09 | 0,97 | 0,13 | 0,13 | 4,65 | 0,23 | 0,05 | 0,02 | 3,32 | 1,31 |
| Ca0 | 1,68 | 0,10 | 1,53 | 0,13 | 0,05 | 7,69 | 0,32 | 2,81 | 1,06 | 4,94 | 1,61 |
| Na2O | 3,36 | 0,27 | 3,57 | 4,08 | 0,88 | 3,13 | | 2,51 | 1,13 | 3,90 | 0,75 |
| K2O | 4,10 | 0,21 | 4,36 | 4,15 | 0,75 | 0,90 | | 4,06 | 0,41 | 1,54 | 0,31 |
| Ti02 | 0,53 | 0,12 | 0,47 | 0,10 | 0,00 | 3,98 | | 3,63 | 0,58 | 0,63 | 0,16 |
| Total | 98,80 | | 98,84 | 98,38 | | 101,38 | | 100,36 | | 99,55 | |

Tableau de synthèse issu de différentes sources bibliographiques.

## Composition chimique des roches volcaniques de la formation de Montsurvent (notice de la carte géologique Saint-Lô au 1/50 000)

| | Basaltes (basique) | Andésites basaltiques (intermédiaire) | Andésites (intermédiaire) | Dacites (acide) | Rhyolites (acide) |
|---|---|---|---|---|---|
| SiO2 | 51,16 | 54,26 | 59,29 | 67,90 | 76,50 |
| Al2O3 | 17,86 | 16,78 | 15,36 | 14,85 | 13,13 |
| Fer total | 11,16 | 10,64 | 11,25 | 7,86 | 4,21 |
| MnO | 0,24 | 0,22 | 0,16 | 0,18 | 0,06 |
| MgO | 7,00 | 5,81 | 3,66 | 1,62 | 1,09 |
| CaO | 8,13 | 6,58 | 4,70 | 0,67 | 0,20 |
| Na2O | 2,98 | 4,14 | 3,88 | 5,35 | 2,37 |
| K2O | 0,54 | 0,77 | 0,42 | 0,46 | 1,96 |
| TiO2 | 0,79 | 0,75 | 0,69 | 0,96 | 0,42 |
| P205 | 0,14 | 0,05 | 0,07 | 0,13 | 0,04 |
| PF | 4,05 | 3,14 | 3,57 | 2,35 | 2,54 |

# Annexe 2.2 : Glossaire des termes techniques et des acronymes utilisés dans le texte

## ■ Glossaire des termes techniques

Bétons hydrauliques : éléments semi-finis du BTP, incorporant granulats, ciments, adjuvants, eau, selon des formules normatives.

Béton prêt à l'emploi : l'un des bétons hydrauliques élaboré généralement en centrale de production non foraine selon des spécifications normatives.

Concassé : granulat issu du concassage de roche massive, dure, en opposition au granulat de roche meuble, souvent roulé, dont la granulométrie est atteinte naturellement pas l'érosion et ne nécessite donc que des opérations de criblage.

Concassage : réduction de matériaux issus des carrières à des granulométries et formes demandées par les clients et/ou prescripteurs

Co-produit de carrière : résidu issu du concassage/criblage de matériaux d'exploitation de carrière, commercialisable en tout venant.

Cornéenne : roche très dure, non fissile, issu du métamorphisme au contact d'une injection magmatique.

Cornéifié : transformé en cornéenne.

Déchet inerte : dans les pays de l'Union Européenne, « tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine » (article R 541-8 du code de l'Environnement issu de la directive européenne 1999/31/CE du conseil du 26 avril 1999.

Découverte (de gisement) : Mort-terrain au-dessus des gisements, non commercialisé.

Dépendance : Degré de non autonomie d'un territoire vis-à-vis des volumes de granulats qu'il utilise (entrées/consommation).

Diapir (de granite) : Noyau granitique formé par ascension de magma par différence de densité.

Filon : i dépôt sédimentaire en lame, recoupant d'autres couches, dû en général au remplissage du haut vers le bas de fissures ouvertes ou, selon le contexte, roche microgrenue d'origine magmatique introduite par voie fissurale dans une roche hôte.

Fines : particules de faible granulométrie (= argiles et limons, dimension inférieure à 20µm).

Flux : Mouvements d'entrées ou de sortiesde matériaux d'un territoire.

Gisement : volume exploitable de matériaux d'une carrière ou d'un territoire.

Granite / Granitoïde : roche plutonique dure, grenue.

Granulat : fragment de roche, d'une taille inférieure à 125 mm, destiné à entrer dans la composition des matériaux utilisés à la fabrication d'ouvrages de travaux publics, de génie civil et de bâtiments.

Graves : éléments alluvionnaires grossiers et calibrés obtenus après criblage et lavage.

Kaolin : roche argileuse, réfractaire, blanche et friable, composée essentiellement d'une argile dénommée kaolinite.

Laitiers : co-produits industriels obtenus lors des processus de fabrication de la fonte ou de l'acier et utilisables comme granulats.

Liants : substances assurant la liaison entre matériaux (ex. liants hydrauliques, ciments, chaux…).

Maërl : sédiment meuble, actuel, formé par accumulation de débris d'algues calcaires.

Normalisation (granulats) : corps de normes issues d'un consensus entre producteurs, utilisateurs et maîtres d'œuvre, s'appliquant aux constituants (granulats) entrant dans les produits finis ou ouvrages du BTP, destinés à assurer leur longévité et stabilité.

Norme (granulats) : La norme XPP 18-540 est remplacée principalement par les normes NF 13242, NF 13043, NF 12620 et XPP 18-545 et suivantes : elle définit les critères de contrôle et de conformité des granulats.
Les normes P 18-702 et 703 concernent la conception des ouvrages de bâtiment et ouvrages d'art. Les normes NF P 98-080-082-086 concernent la conception des chaussées.
Il existe d'autres normes pour l'exécution des ouvrages. Les normes sont d'usage volontaire, sauf pour les marchés publics. Ce sont les règles de l'art et solutions aux litiges. Le CEN TC 184 élabore les normes européennes des granulats. Le fascicule 23 traite de la fourniture de granulats pour chaussées.

Préfabriqués (béton) : produits en béton fabriqués en usine.

Puissance (du gisement) : épaisseur marchande des gisements.

Puissance (d'une couche géologique) : épaisseur de la couche.

Recyclage (béton hydraulique) : processus de séparation des constituants de base d'ouvrages finis du BTP dont l'existence est parvenue à terme.

Roche indurée : roche ayant subi une cimentation de ses éléments qui accroît sa cohésion et sa dureté, par opposition à une roche meuble.

Sablon (granulat) : sable quartzeux moins pur que le sable industriel, utilisé pour la viabilisation, le remblai, la sous-couche routière…

Sablon (granulométrie) : sable très fin, de taille comprise entre 20 µm et 200 µm selon la classification de Cailleux.

Schiste : Au sens large, toute roche susceptible de se débiter en feuillets.

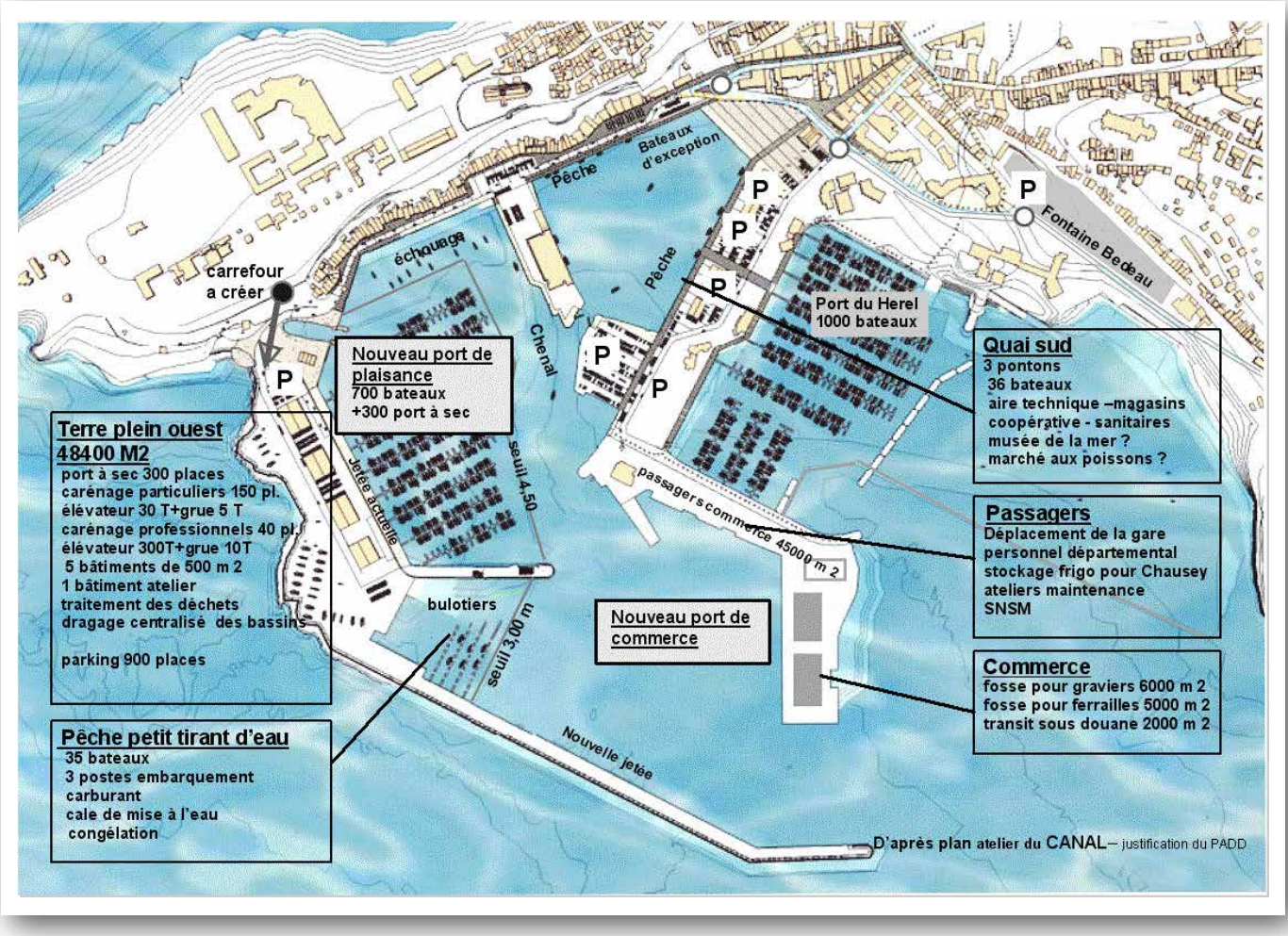
Silts : roches non indurées dont les éléments ont une taille (granulométrie) comprise entre les sables et les argiles. Leur composition principalement siliceuse confère une perméabilité relativement supérieure à celle des argiles.

Traitement (en place) : procédé de stabilisation de certains matériaux rencontrés dans le sous-sol lors de la réalisation de terrassements .

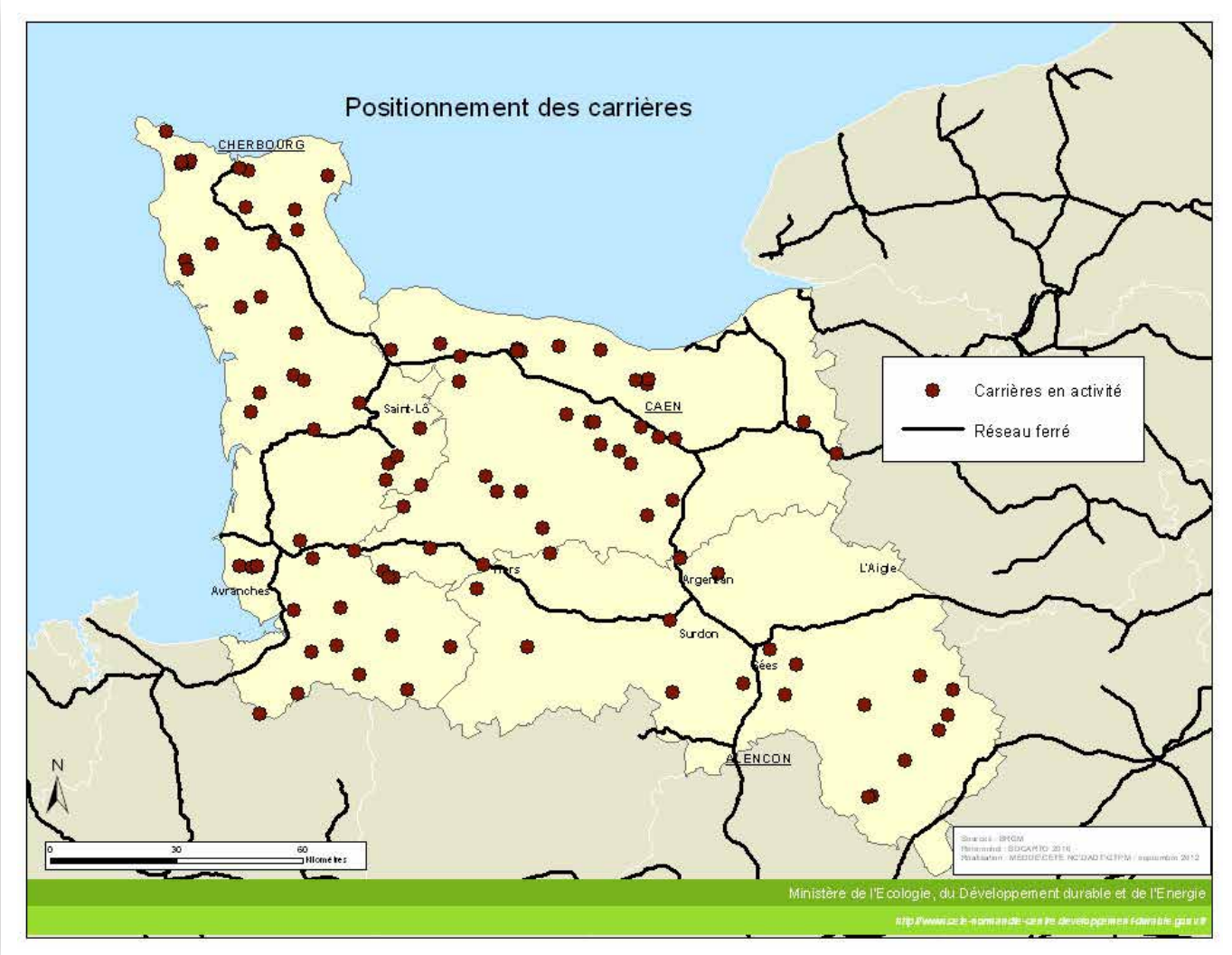
## ■ Glossaire des acronymes

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière
BSS : Banque du Sous-Sol (base de données gérée par le BRGM)
BTP : Bâtiment et Travaux Publics
CG : Conseil Général
DDT (M) : Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
MIOM : Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères
MNT : Modèle Numérique de Terrain
PNA : Ports Normands Associés
UNICEM : Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction
UNPG : Union Nationale des Producteurs de Granulats
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

# Annexe 3.1 : Schéma de l'aménagement potentiel du port de Granville (source : www.portsdegranville-appg.com)



# Annexe 4.1 : Position des carrières par rapport aux installations ferroviaires



# Annexe 5.1

## ▶ Zonages issus des SDAGE

Le territoire de la région Basse-Normandie est concerné par les SDAGE Seine-Normandie et Loire-Bretagne.
Le SDAGE Seine-Normandie notamment définit une méthodologie permettant de zoner le territoire :

**SDAGE Seine-Normandie (Disposition 92 : Zoner les contraintes liées à l'exploitation des granulats)**

Pour pouvoir exploiter des granulats alluvionnaires tout en préservant les milieux naturels et les zones humides, les trois zones suivantes définissent les contraintes à prendre en compte :

1) une zone sur laquelle **aucun enjeu environnemental** n'a été préalablement répertorié lors des inventaires ou des opérations de protection d'inventaire ou de protection de zone où l'extraction peut se faire selon les dispositions de l'arrêté du 22 septembre 1994, modifié par l'arrêté du 24 janvier 2001 ;

2) une zone de **grande richesse environnementale** au sein de laquelle l'ouverture de carrières ou le renouvellement des arrêtés d'autorisation d'exploiter peut être accepté au regard des conclusions de l'étude d'impact relative à l'incidence de l'exploitation sur les milieux naturels. Il s'agit de maintenir ou de recréer des milieux à forte fonctionnalité écologique et à forte valeur patrimoniale. Cette zone comprend :

- les vallées des rivières classées en première catégorie piscicole
- les vallées des rivières de têtes de bassin et des affluents mineurs en raison de leur haute qualité ou de leur faible débit, qui en font des milieux particulièrement sensibles (ces vallées concernent en général des gisements alluvionnaires faibles)
- les zones classées en zones Natura 2000 au titre de la directive oiseau de 1979 ou de la directive habitat, faune, flore de 1992, ou les sites concernés par la convention de Ramsar
- les ZNIEFF de type 1 et 2
- les zones fluviales et marines stratégiques pour la survie et la reproduction d'espèces à haut intérêt halieutique

3) une zone à **forts enjeux environnementaux** au sein de laquelle l'ouverture de nouvelles carrières et le renouvellement des arrêtés d'autorisation d'exploiter ne sont pas compatibles :

- le lit mineur des rivières (bras secondaires et bras morts inclus)
- les espaces de mobilité déjà cartographiés ou non
- les zones où les contraintes écologiques sont très fortes. Elles peuvent être définies par les SAGE dans les ZHIEP et des ZHSGE, en application des orientations du SDAGE et après information de la CNDPS (section spécialisée carrières)

**SDAGE Loire-Bretagne**

Le SDAGE Loire-Bretagne, dans son orientation 1D « Limiter et encadrer les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur », indique que les extractions en lit mineur sont interdites à l'exception des opérations qui ont pour vocation première l'aménagement ou l'entretien des cours d'eau. Par ailleurs, il demande à ce que les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur soient réduites de 4 % par an.

## ▶ Démarche développée dans le plan POLMAR TERRE
### (Guide de révision des plans POLMAR TERRE du CEDRE de 2003)

Une des composantes essentielles du plan selon l'instruction du 4 mars 2002 est « **un inventaire précis et hiérarchisé** » des sites sensibles du département qu'il serait souhaitable de protéger. Parmi les thèmes pouvant figurer dans l'inventaire des zones sensibles à protéger et des zones à risque, on peut citer :

### D'un point de vue physique (géomorphologie côtière)

Les types de faciès littoraux sont des côtes et promontoires rocheux, des plates-formes rocheuses d'abrasion, des côtes à falaises, des plages de sable fin, moyen à grossier, des graviers et galets, des vasières, des marais.

### D'un point de vue écologique

- Les espaces naturels protégés sensibles littoraux et marins, protections foncières et/ou réglementaires, inventaires scientifiques : ZNIEFF, ZICO, réserves naturelles, réserves de chasse et de faune sauvage, sites inscrits…,
- Les espèces protégées ou remarquables : flore, faune, avifaune (zone de nourrissage, de nidification et de reproduction, etc.) ;
- Les zones marines à grand intérêt biologique : gisements naturels de coquillages, de crustacés, d'algues, zones de frayère, (secteurs de pêche professionnelle, zones de pêche à pied, etc.).

### D'un point de vue socio-économique,

Aspect « touristique », ou touchant à l'utilisation et à l'exploitation de l'espace :

- Plages et zones récréatives de bord de mer à vocation touristique, fréquentées préférentiellement en période estivale, et également pendant l'année, sites historiques
- Stations balnéaires, établissements de thalassothérapie (prises d'eau de mer)
- Implantation des ports de plaisance, ports de pêche, ports ou villages conchylicoles, cales de mises à l'eau, routes d'accès au littoral, etc
- Aires de stationnement côtières (précisez la capacité en terme de places)
- Capacité d'accueil (hébergements, nombres de lits disponibles), etc

Aspect « intérêt économique et biologique » de zones marines et littorales :

- Secteurs de production aquacole : conchyliculture, pisciculture, cultures d'algues marines, en veillant à faire apparaître clairement sur les cartes la localisation des prises d'eau de mer de ces exploitations (alimentation des bassins et bacs de stockage), etc
- Zones de pêche professionnelle, zone de pêche à pied

Aspect purement économique : implantations industrielles :

- Localisation des prises d'eau de mer des industries situées sur le littoral,

### D'un point de vue des risques

- Localisation des industries à risque (chargement et déchargement de produits à risque, risques de rejets accidentels, risques de rupture de canalisation ou d'explosion de cuves…il est donc important de bien connaître ces sites, le type de produits, les systèmes de chargement et de déchargement…),
- Localisation des dépôts d'hydrocarbures et zones de stockage de matières dangereuses, canalisation d'hydrocarbures ou autres produits pouvant présenter des risques de pollution,
- Répertorier les installations classées, usines potentiellement dangereuses, centrales nucléaires, etc.

Les **critères de hiérarchisation** à prendre en compte sont multiples et aucun patrimoine naturel, aucune activité économique ou touristique ne mérite d'être oublié. Il s'agit bien ici de définir des priorités afin qu'au moment de la crise, les décideurs puissent développer les actions chronologiquement, en étant moins soumis aux pressions du moment.
Ces critères de priorité sont fonction de la vulnérabilité à la pollution et peuvent être classés en trois grandes familles : géomorphologiques, écologiques et socio-économiques. On a ainsi conçu, un indice de vulnérabilité qui n'est pas calculé, mais « **apprécié** » à partir de ces critères :

- Les zones qui sont considérées comme « **extrêmement vulnérables** » sont des secteurs abrités ou peu exposés aux phénomènes météo-océaniques : de ce fait, lorsque la pollution y a pénétré, elle y reste généralement confinée. Ce sont des zones à la fois importantes au plan biologique (importances des ressources exploitées, zones aquacoles, frayères, herbiers, etc.) et en matière d'activité socio-économique (complexes portuaires, industriels, tourisme développé).
- Les zones « **très vulnérables** » peuvent être des zones exposées, et avec un très fort potentiel touristique, aquacole ou écologique.

- Les zones « **moyennement vulnérables** » sont des zones exposées qui présentent des activités biologiques ou socio-économiques non négligeables.
- Les zones « **peu vulnérables** » sont des zones qui sont généralement très exposées, comme des caps ou des promontoires rocheux (durée de la dépollution naturelle de l'ordre de quelques semaines), mais où le tourisme et les activités halieutiques ne sont pas particulièrement importantes.

De plus, il est nécessaire d'introduire un facteur de **vulnérabilité saisonnière** pour tenir compte des **périodes de sensibilité accrue** de l'activité considérée, qu'elle soit naturelle (reproduction d'espèces marines ou dulçaquicoles, nidification, floraison, germination) ou humaine (conchyliculture, pêche côtière ou à pied, tourisme estival, etc.).

## ► Méthodologie TVB (Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, document non validé)

La cohérence nationale de la Trame verte et bleue repose en particulier sur des enjeux relatifs à :
- certains espaces protégés ou inventoriés,
- certaines espèces et habitats,
- des continuités écologiques d'importance nationale.

Ces **enjeux ne sont pas hiérarchisés** et visent une cohérence écologique au sein d'un territoire régional, entre les territoires régionaux et transfrontaliers et au niveau national, notamment dans une perspective d'adaptation au changement climatique. Ces enjeux sont complémentaires et peuvent se recouvrir.

### ➔ 1 - Certains espaces protégés ou inventoriés

Certains espaces protégés ou inventoriés sont automatiquement intégrés aux réservoirs de biodiversité, d'autres aux corridors écologiques : cœur de parcs nationaux, réserves biologiques, zones humides des SDAGE, …
Pour une grande majorité des zonages de protection ou d'inventaire, un examen spécifique doit permettre d'évaluer leur intégration pour tout ou partie en tant que réservoirs ou corridors. Il s'agit par exemple des sites Natura 2000, des parcs naturels régionaux, des espaces littoraux remarquables,…
Enfin, des espaces non protégés ou inventoriés mais pour lesquels il existe des données écologiques fiables doivent faire l'objet d'une analyse en vue de leur intégration à la TVB. Ce sont en particuliers les périmètres de protection de captage d'eau, les CET, les carrières, …

### ➔ 2 - Enjeux relatifs à certaines espèces

La Trame verte et bleue doit permettre de préserver en priorité les espèces sensibles à la fragmentation dont la préservation est considérée comme un enjeu national et, par conséquent, pour lesquelles la préservation ou la remise en bon état de continuités écologiques est une solution adaptée. Ce faisant, la Trame verte et bleue doit contribuer au maintien et à l'amélioration de l'état de conservation de ces espèces.

La mise en place de la Trame verte et bleue à l'échelle nationale vise à maintenir, voire à renforcer les populations de ces espèces, en particulier au niveau de leurs bastions à l'échelle nationale, et de rendre possible la dispersion d'individus dans ou entre ces bastions au sein d'une aire de répartition inter-régionale et de leurs fronts d'avancée, dans une perspective de changement climatique.

Sur la base du meilleur état des connaissances disponibles, la liste de ces espèces est établie pour chaque région pour les groupes taxonomiques suivants (annexe 1) :

1) vertébrés : mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens ;
2) invertébrés : rhopalocères, odonates et orthoptères.

Le choix de ces espèces repose sur l'identification, dans chaque région, d'espèces menacées ou non menacées au niveau national pour lesquelles la région considérée possède une responsabilité forte en termes de conservation des populations au niveau national voire international et pour lesquelles les continuités écologiques peuvent jouer un rôle important.

Pour les poissons, la cohérence nationale de la Trame verte et bleue repose sur l'intégration des cours d'eau classés au titre des dispositions de l'article L. 214-17 du code de l'environnement. Ces axes sont définis comme prioritaires pour la préservation ou la remise en bon état des continuités écologiques au regard notamment des besoins de migrations piscicoles des espèces considérées, en cohérence avec le plan national sur la continuité écologique des cours d'eau, le plan national de gestion anguilles et les plans nationaux d'action en faveur des espèces piscicoles menacées.
A l'échelle de la Basse-Normandie, les espèces sensibles à la fragmentation dont la préservation est un enjeu pour la cohérence nationale de la TVB sont retranscrites ci-après.

**Invertébrés**

- Odonate : Agrion de Mercure (Coenagrion mercuriale)
- Orthoptères : Conocéphale des roseaux (Conocephalus dorsalis), Criquet des Ajoncs (Chorthippus binotatus binotatus), Criquet palustre (Chorthippus montanus), Decticelle des alpages (Metrioptera saussuriana), Decticelle des bruyères (Metrioptera brachyptera), Grillon manchois (Pseudomogoplistes vicentae septentrionalis)

**Vertébrés**

- Amphibiens : Rainette verte (Hyla arborea), Triton alpestre (Ichthyosaura alpestris), Triton crêté (Triturus cristatus), Triton marbré (Triturus marmoratus), Triton poncuté (Lissotriton vulgaris)
- Mammifère : Loutre d'Europe (Lutra lutra)
- Oiseaux : Bouvreuil pivoine (Pyrrhula pyrrhula), Fauvette pitchou (Sylvia undata), Gorgebleue à miroir (Luscinia svecica), Grimpereau des bois (Certhia familiaris), Linotte mélodieuse (Carduelis cannabina), Pic cendré (Picus canus), Pic mar (Dendrocopos medius), Pipit farlouse (Anthus pratensis), Phragmite des joncs (Acrocephalus schoenobaenus), Rousserolle verderolle (Acrocephalus palustris), Tarier des prés (Saxicola rubetra)
- Reptiles : Lézard vivipare (Zootoca vivipara), Vipère péliade (Vipera berus)

### ➔ 3 - Enjeux relatifs à certains habitats

La Trame verte et bleue contribue au maintien et à l'amélioration de l'état de conservation des habitats. A ce titre, la cohérence nationale de la Trame verte et bleue vise des enjeux relatifs :

1) aux besoins de continuités des habitats des espèces définies pour la cohérence nationale ;
2) aux besoins de continuités de certains habitats naturels ;
3) à la conservation d'habitats favorables au maintien de continuités écologiques identifiées comme d'importance nationale.

### ➔ 4 - Les continuités écologiques d'importance nationale

La cohérence nationale de la Trame verte et bleue repose également sur des enjeux relatifs à des continuités écologiques d'importance nationale communes à au moins deux régions ou communes à une région et un pays frontalier.

Ces continuités écologiques répondent à des logiques de déplacement pour la faune et la flore inféodées à de grands types de milieux et portent des enjeux visant :

- à l'adaptation de l'aire de répartition d'espèces inféodées aux milieux ouverts (milieux thermophiles et milieux frais à froids) ;
- un réseau de milieux boisés ;
- des voies de migration pour l'avifaune, intégrant les principaux sites de migration.

Ces continuités font l'objet d'une illustration graphique, qui, compte tenu de l'échelle nationale et du type de représentation retenue, ne doit pas être interprétée de manière stricte.

Les * signalent une attention particulière qui doit être apportée à la réglementation en vigueur (définition précise de la zone ou du périmètre, autorisations spéciales possibles, jurisprudence existante...).
Une adaptation du niveau de hiérarchisation est alors possible en fonction d'éléments localement plus précis.

| CHOIX DE HIERARCHISATION | | REMARQUES |
|---|---|---|
| **AEP : Aduction Eau Potable** | | |
| L'article L1321-2 du code de la Santé Publique prévoit autour de chaque captage d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines, la mise en place de deux ou trois périmètres de protection afin d'assurer la protection de la qualité des eaux. | | |
| **- PPI : Périmètre de Protection Immédiat** | **1** | |
| Le périmètre de protection immédiate PPI correspond à l'environnement proche du point d'eau. Il est acquis par la collectivité, clôturé, et toute activité y est interdite. Il a pour fonction principale d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter les déversements de substances polluantes à proximité immédiate du ou des points de captage d'eau. | | |
| **- PPR : Périmètre de Protection Rapproché** | **1*** | |
| Le périmètre de protection rapprochée PPR délimite un secteur, en général de quelques hectares ; il doit protéger le ou les points de captage d'eau vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes. À l'intérieur de ce périmètre, toutes les activités susceptibles de provoquer une pollution sont interdites ou soumises à des prescriptions particulières | | *Les arrêtés de périmètres de protection rapprochés de la Région Basse-Normandie interdisent actuellement les carrières. Une attention particulière doit être portée sur la réglementation en vigueur pour tout nouveau dossier.* |
| **- PPE : Périmètre de Protection Eloigné** | **2** | |
| Le périmètre de protection éloignée PPE est facultatif ; il peut s'étendre aux limites de la zone d'alimentation du ou des points d'eau. Il est créé dans le cas où certaines activités peuvent être à l'origine de pollutions importantes et lorsque des prescriptions particulières paraissent de nature à réduire significativement les risques. | | |

**AOC : Appelation d'Origine Contrôlée + AOP/IPG** — **3**

C'est la dénomination d'un pays, d'une région ou d'une localité servant à désigner un produit qui en est originaire et dont la qualité ou les caractères sont dus au milieu géographique, comprenant des facteurs naturels et des facteurs humains. Toute opération d'aménagement, d'urbanisme, d'équipement, de construction, d'exploitation du sol ou du sous-sol ou d'implantation de toute activité économique de nature à porter atteinte à l'aire ou aux conditions de production, à la qualité ou à l'image du produit d'appellation est proscrite.

**AVAP : Aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine - Anciennes ZPPAUP : Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (L 642-1 code du Patrimoine)** — **2**

Les ZPPAUP sont des documents d'urbanisme dont la zone de protection comporte des prescriptions particulières en matière d'architecture et de paysage. Les travaux de construction, de démolition, de déboisement, de transformation ou de modification de l'aspect des immeubles compris dans le périmètre de la zone de protection sont soumis à autorisation spéciale.

*Les ZPPAUP mises en place avant le 14 juillet 2010 continueront de produire leurs effets de droit, au plus tard jusqu'au 14 juillet 2015.*

**APB : Arrêté de Protection de Biotope** — **2***

Afin de prévenir la disparition d'espèces protégées végétales ou animales, un APB peut être pris pour favoriser la conservation des biotopes nécessaires à la survie ou au cycle de vie de ces espèces (R411-15 du CE). Il vise à la conservation de l'habitat d'espèces protégées (biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie d'espèces protégées en application des articles L. 211-1 et L. 211-2 du code rural et plus généralement l'interdiction des actions pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux.).La réglementation édictée vise le milieu lui-même et non les espèces qui y vivent (maintien du couvert végétal, du niveau d'eau, interdiction de dépôts d'ordures, de constructions, d'extractions de matériaux,...)

*Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction*

**Arrêté de protection de l'habitat** — **2**

**CAPTAGES GRENELLE**
**- AAC : Aire d'Alimentation des Captages** — **2***

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 a renforcé les dispositifs de gestion de la ressource en créant des zones de protection quantitative et qualitative des aires d'alimentation des captages (AAC) pour lutter contre les pollutions diffuses d'origine agricole et non agricole. L'article 27 de la loi Grenelle 1 prévoit la définition d'un plan d'action concernant les 500 captages les plus menacés par les pollutions.

*Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction*

| | | |
|---|---|---|
| **- ZSCE : Zones soumises à contraintes environnementales** | **2*** | |
| Le dispositif des ZSCE de protection est issu de l'article 21 de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques. Dans le cadre d'une politique globale de reconquête de la qualité de la ressource, cet outil vient en complément du dispositif des périmètres de protection, afin de lutter contre les pollutions diffuses. La désignation en ZSCE justifie la mise en œuvre d'une action spécifique de nature réglementaire, concernant notamment l'activité agricole ou l'espace dans lequel elle s'inscrit. | | *Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction* |
| **CONSERVATOIRE DU LITTORAL** | | |
| **- Zones acquises** | **1** | |
| La mission et l'aire de compétence du Conservatoire sont définies par le Code de l'environnement (art. L 322 et R 243). Le conservatoire mène une politique foncière visant à la protection définitive des espaces naturels et des paysages sur les rivages maritimes et lacustres. Les terrains deviennent inaliénables en entrant dans le patrimoine du Conservatoire. | | |
| **- Zones de préemption** | **2** | |
| à compléter | | |
| **Espaces boisés classé** | **2** | |
| Les espaces boisés classés peuvent être les bois, forêts et parcs, qu'ils relèvent ou non du régime forestier, qu'ils soient enclos ou non et attenants ou non à des habitations. Ce classement peut également s'appliquer à des arbres isolés, des haies ou réseaux de haies, des plantations d'alignements. Le classement en espaces boisés empêche les changements d'affectation ou les modes d'occupation du sol de nature à compromettre la conservation, la protection ou la création des boisements. | | |
| **FP : Forets de protection** | **1** | |
| Ce classement assure la conservation des forêts reconnues nécessaires au maintien des terres sur les montagnes et sur les pentes, à la défense contre les avalanches, les érosions et les envahissements des eaux et des sables. Il sert également à protéger les bois et forêts, quels que soient leurs propriétaires, situés à la périphérie des grandes agglomérations, ainsi que dans les zones où leur maintien s'impose, soit pour des raisons écologiques, soit pour le bien-être de la population. | | |
| **Frayères (R432-1-5 Code de l'Environnement)** | **1** | |
| Zones cibles pour l'établissement de réserves halieutiques | | *En lit mineur* |

| | | |
|---|---|---|
| **GEOLOGIE**<br>**- APG : Arrêté de Protection de Géotope** | **2*** | *Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction* |
| **- ZIG : Zones d'Intérêt Géologique (= inventaire géologique régional)** | **2** | |

L'inventaire du patrimoine géologique s'inscrit dans le cadre de la loi du 27 février 2002, relative à la démocratie de proximité. Le Code de l'environnement (art. L. 411-5) précise que l'Etat assure la conception, l'animation et l'évaluation de l'inventaire du patrimoine naturel qui comprend les richesses écologiques, faunistiques, floristiques, géologiques, minéralogiques et paléontologiques.

**MONUMENTS NATURELS ET HISTORIQUES ET SITES**

Il s'agit d'une reconnaissance d'intérêt public pour les immeubles (édifices, jardins et parcs, réserves archéologiques, etc.) qui concerne plus spécifiquement l'art et l'histoire attachés au monument et constitue une servitude d'utilité publique. Il existe deux niveaux de protection : l'inscription au titre des monuments historiques présentant un intérêt à l'échelle régionale et le classement au titre des monuments historiques à un niveau d'intérêt national. Couramment, on dit d'un bien, dans le premier cas, qu'il est« inscrit » et, dans le second, qu'il est « classé ».

| | | |
|---|---|---|
| **- Sites inscrits** | **2** | |

L'inscription concerne des monuments naturels et des sites méritant d'être protégés mais ne présentant pas un intérêt suffisant pour justifier leur « classement ». Elle peut également constituer une mesure conservatoire avant un classement. Elle peut par ailleurs constituer un outil de gestion souple des parties bâties d'un site classé en l'attente souvent d'une ZPPAUP (Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager). Enfin, elle peut également constituer un outil adapté à la préservation du petit patrimoine rural dans des secteurs peu soumis à une pression foncière.

| | | |
|---|---|---|
| **- Sites classés** | **1*** | |
| Le classement d'un monument naturel ou d'un site offre une protection renforcée en comparaison de l'inscription, en interdisant, sauf autorisation spéciale, la réalisation de tous travaux tendant à modifier l'aspect du site. | | *Dérogation possible (mais pas pour carrière)* |
| **- Périmètre de protection des monuments historiques** | **2*** | |
| | | *Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction* |
| **- Sites classés au patrimoine mondial de l'UNESCO** | **2*** | |
| | | *Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction* |

**NATURA 2000**

Natura 2000 est un réseau écologique européen de zones spéciales de conservation de sites abritant des habitats naturels. Natura 2000 recense des sites mais n'apporte aucune mesure de protection réglementaire spécifique.

| | |
|---|---|
| **- ZPS : Zone de Protection Spéciale** | **2** |

L'objectif est d'assurer la protection de toutes les espèces aviennes sauvages de la zone, avec un regard particulier pour les espèces migratrices et les 175 espèces considérées comme les plus menacées.

| | |
|---|---|
| **- SIC : Site d'Intérêt Communautaire**<br>**- ZSC : Zone spéciale de conservation** | **2** |

La directive "habitats" de 1992 est consacrée aux autres espèces animales ainsi qu'aux espèces végétales et à leurs habitats. Il s'agit d'un inventaire des habitats naturels et des habitats des espèces considérées comme présentant un intérêt à l'échelle du territoire européen en raison de leur situation de rareté, de vulnérabilité. Chaque état propose une zone pour la constitution du réseau communautaire Natura 2000 qui est notifiée à la Commission européenne (PSIC). Lorsque la zone proposée est inscrite par la Commission européenne sur la liste des sites d'importance communautaire (SIC), elle est alors désignée comme site Natura 2000 (ZSC).

| | |
|---|---|
| **- ZICO** | 3 |

---

**PARCS**
**- PNM : Parc Naturel Marin**

*Pour mémoire*

Le principe fondamental des PNM est d'associer les collectivités territoriales et les usagers aux décisions de l'Etat en mer, autour d'un objectif de protection et de gestion durable, dans une optique de gestion intégrée des activités. Cela vise de vastes espaces sur lesquels coexistent patrimoine naturel remarquable, écosystèmes de qualité et activités multiples. Lorsqu'une activité est susceptible d'altérer de façon notable le milieu marin d'un PNM, l'autorisation à laquelle elle est soumise ne peut être délivrée que sur avis conforme de l'Agence des aires marines protégées ou sur délégation du conseil de gestion, sauf exceptions relatives aux activités répondant aux besoins de la défense nationale, de l'ordre public, de la sécurité maritime et de la lutte contre la pollution.

**- PNR : Parc Naturel Régional** — **3**

Les PNR concourent à la politique de protection de l'environnement, d'aménagement du territoire, de développement économique et social, d'éducation et de formation du public et constituent un cadre privilégié des actions menées par les collectivités publiques en faveur de la préservation des paysages et du patrimoine naturel et culturel.

**RBI (réserves biologiques intégrales) et RBD (réserves biologiques dirigées)** — **1**

Une Réserve biologique (RB) intégrale ou dirigée est une réserve naturelle en forêt publique ayant l'objectif de protéger des habitats ou des espèces particulièrement représentatives du milieu forestier et/ou vulnérables.
Dans les réserves « intégrales » les interventions humaines sont réduites au strict minimum (suivi et inventaires scientifiques, dont les conditions et autorisations sont en France établies par l'ONF), pour laisser la nature y évoluer dans des conditions supposées proches de ce qu'elles seraient en l'absence d'impacts anthropiques.
Dans une réserve biologique dirigée (RBD), la gestion, de type conservatoire ou restauratoire est subordonnée à l'objectif de conservation d'habitats ou de communautés vivantes ayant justifié la mise en réserve. Une exploitation forestière douce peut alors être envisagée, compatible avec les objectifs d'une RB dirigée (par exemple pour restaurer des clairières, une source de bois-mort…).

**RCFS : Réserve de Chasse et de Faune Sauvage** — **3***

L'article L.422-27 du code de l'environnement précise que les Réserves de Chasse et de Faune Sauvage ont quatre principaux objectifs : protéger les populations d'oiseaux migrateurs conformément aux engagements internationaux, assurer la protection des milieux naturels indispensables à la sauvegarde d'espèces menacées, favoriser la mise au point d'outils de gestion des espèces de faune sauvage et de leurs habitats et contribuer au développement durable de la chasse au sein des territoires ruraux.

*Protection réglementaire, arrêté préfectoral*

*Au cas par cas car une partie ou la totalité du périmètre peut faire l'objet d'interdiction*

**- Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage** — **3**

*Inexistant en Basse-Normandie*

Lorsque les réserves de chasse et de faune sauvage présentent une importance particulière, soit en fonction des études qui y sont poursuivies, soit parce qu'elles abritent des espèces présentant des qualités remarquables ou dont les effectifs sont en voie de diminution, soient en raison de leur étendue, elles peuvent être constituées en réserves nationales par arrêté du ministre chargé de la chasse, à la demande de l'ONCFS ou de tout autre établissement public en assurant la gestion (article R. 422-92 du code de l'environnement)

**Remontée de nappe** — **3**

Lorsqu'un évènement pluvieux survient à un moment où le niveau piézométrique est élevé, la nappe peut alors atteindre la surface du sol : c'est l'inondation par remontée de nappe.

**RESERVES NATURELLES**

Un territoire peut être classé en réserve naturelle si la biodiversité, le sol, les eaux, les gisements de minéraux ou de fossiles présentent une importance particulière ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention susceptible de les dégrader (L332-1 du CE). Ce classement peut prendre deux formes : les Réserves Naturelles Nationales (RNN) ou les Réserves Naturelles Régionales (RNR).

| | | |
|---|---|---|
| **- RNN : Réserves Naturelles Nationales** | **1** | |
| Le classement RNN peut être prononcé par décret si les éléments à préserver sont d'intérêt national ou correspondent à la mise en œuvre d'une réglementation communautaire ou d'une convention internationale (L332-1 et suivants du CE). Ce classement peut soumettre à un régime particulier, voire interdire toute action susceptible d'impacter négativement la faune et la flore et, plus généralement, le caractère de la réserve (chasse, pêche, activités agricoles, forestières et autres activités socio-économiques). Des périmètres de protections (L332-16 du CE) peuvent être créés autour des réserves, après enquête publique, par le préfet. Ainsi, ces périmètres peuvent être soumis à des prescriptions ou à l'interdiction de toute action susceptible d'altérer le caractère ou de porter atteinte à la réserve naturelle. | | |
| **- RNR : Réserves Naturelles Régionales** | **2** | |
| Les propriétés présentant une importance particulière pour la faune, la flore, le patrimoine géologique ou paléontologique ou, d'une manière générale, pour la protection des milieux naturels peuvent faire l'objet d'un classement en RNR (L332-2). C'est le Conseil régional qui peut instituer ce classement après avis du CSRPN et consultation de toutes les collectivités locales intéressées. Les RNR peuvent être créées pour préserver des espèces animales, végétales et des habitats naturels en voie de disparition, des sites géologiques, pour conserver des jardins botaniques ou arboretums constituant des réserves d'espèces végétales en voie de disparition, rares ou remarquables. | | *L 333-3 : l'activité granulats ne figure pas dans les activités exclues* |
| **RIVIERES** | | |
| **Lit majeur des rivières** | **2** | |
| Selon le code de l'environnement (art. R 214-1), le lit majeur d'un cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. | | *SDAGE : limiter et encadrer extractions en lit majeur.* |
| **Lit mineur des rivières** | **1** | |
| Selon le code de l'environnement (art. R 214-1), le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulants à plein bords avant débordement. | | |
| **Zone de mobilité** | **1** | |
| Espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer (arrêté du 24/01/2001 relatif à l'exploitation des carrières). Le cours d'eau est un système dynamique, mobile dans l'espace et dans le temps. Il engendre donc des translations latérales permettant la mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres. | | |

**SCAP : Stratégie nationale de Création d'Aires Protégées**

La circulaire du 13 août 2010 indique les déclinaisons régionales de la Stratégie nationale de Création des Aires Protégées (SCAP) terrestres métropolitaines.

*Déclinaison des RNN, RNR et APG*

**SEVESO**

Le classement SEVESO permet d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accident majeur, en fonction des quantités et des types de produits qu'elles accueillent.

*Impacts étudiés dans l'étude d'impact.*

**Sites Archéologiques** **2**

L'article L 510-1 du code du patrimoine définit comme des éléments du patrimoine archéologique tous les vestiges et autres traces de l'existence de l'humanité, dont la sauvegarde et l'étude, notamment par des fouilles ou des découvertes, permettent de retracer le développement de l'histoire de l'homme et de sa relation avec l'environnement naturel.

**TVB**

**ZAP : Zones Agricoles Protégées** **2**

La loi d'orientation agricole de 1999 propose le classement en ZAP des zones agricoles dont la préservation présente un intérêt général en raison soit de la qualité de leur production, soit de leur situation géographique. L'article L112-2 du code rural précise que tout changement d'affectation ou de mode d'occupation du sol qui altère durablement le potentiel agronomique, biologique ou économique d'une zone agricole protégée doit être soumis à l'avis de la chambre d'agriculture et de la commission départementale d'orientation de l'agriculture.

*Le zonage n'interdit pas les carrières*

**ZONES HUMIDES**
**- RAMSAR** **2**

Convention relative aux **zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau**. Elle a pour but la conservation et l'utilisation durable des zones humides et vise à enrayer leur dégradation ou disparition, aujourd'hui et demain, en reconnaissant leurs fonctions écologiques ainsi que leur valeur économique, culturelle, scientifique et récréative.

| | |
|---|---|
| **- ZHIEP : Zone Humide d'Intérêt Environnemental Particulier** | **2** |

Les ZHIEP constitue un dispositif réglementé par le Code rural et de la pêche et le Code de l'environnement où un programme d'actions particulier s'applique. Ce sont des zones dont le maintien ou la restauration présente un intérêt pour la gestion intégrée du bassin versant ou une valeur touristique, écologique, paysagère et cynégétique particulière. Le préfet peut délimiter les ZHIEP pour lesquelles des programmes d'actions seront définis (Art. L. 211-1 à L. 211-3 du Code de l'Environnement) sur la base des propositions concertées dans le cadre des SAGE, mais aussi en dehors des territoires de ces derniers.

| | |
|---|---|
| **- ZHSGE : Zone Humide Stratégique pour la Gestion des Eaux** | **2** |

Délimitées au sein des ZHIEP, sur proposition préalable d'un SAGE approuvé, des zones stratégiques pour la gestion de l'eau doivent contribuer de manière significative à la protection de la ressource en eau potable ou à la réalisation des objectifs du SAGE. Dans ces zones, des servitudes d'utilité publique peuvent être mises en place afin de restreindre certains usages incompatibles avec la préservation de ces zones humides.

**ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Floristique et Faunistique**

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation.

| | |
|---|---|
| **- Type I** | **2** |

Secteurs de grand intérêt biologique ou écologique.

| | |
|---|---|
| **- Type II** | **3** |

Grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

| | |
|---|---|
| **ZRE : Zone de Répartition des Eaux** | **3** |

Ce sont des zones où sont constatées une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources en eau par rapport aux besoins. Elles sont définies afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau. Les seuils d'autorisation et de déclaration du décret nomenclature y sont plus contraignants. Les prélèvements agricoles destinés à l'irrigation y sont contrôlés par un organisme unique de gestion.

| | |
|---|---|
| **Zone ENS** | |
| **- zone en ENS** | **2** |

| | |
|---|---|
| **- Zones préemption ENS** | **3** |

Les espaces naturels sensibles ayant vocation à être protégés « doivent être constitués par des zones dont le caractère naturel est menacé et rendu vulnérable, actuellement ou potentiellement, soit en raison de la pression urbaine ou du développement des activités économiques et de loisirs, soit en raison d'un intérêt particulier, eu égard à la qualité du site, ou aux caractéristiques des espèces animales ou végétales qui s'y trouvent » (TA Besançon, 31 décembre 1992).

# Annexe 5.3 : Clauses réglementaires relatives à la stabilité des exploitations

Rappel des articles du Règlement Général des Industries Extractives (R.G.I.E.) relatifs à la stabilité des exploitations.

**Titre : Règles générales**

**Section 1 : Dispositions communes à tous les travaux et installations**
**Chapitre IX : Surveillance administrative**
**Article 39 - Contrôle des travaux et installations**

1. L'exploitant est tenu de mettre, sur sa demande, à la disposition du directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement ou de son délégué, tous les moyens que ce dernier juge nécessaires pour la surveillance des travaux et installations, la poursuite des enquêtes qu'il mène ou le contrôle des travaux exécutés d'office en application du code minier ou des textes pris pour son application. Il doit lui fournir tous les renseignements sur l'état des travaux et installations. Il doit le faire accompagner par les ingénieurs et surveillants afin que ceux-ci puissent lui apporter toutes les informations utiles concernant la sécurité et la santé.

2. L'exploitant est tenu d'adresser au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, sur sa demande, les renseignements concernant les travaux et installations, nécessaires à l'exercice du contrôle.

3. A l'occasion de ses visites dans les travaux et installations, le directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement ou son délégué remet ou, s'il y a lieu, adresse à l'exploitant des observations écrites pour la conduite des travaux, notamment du point de vue de la sécurité et de la santé. Il peut en prescrire le report sur le registre d'avancement.

Il est rappelé que, en application du décret relatif à la police, le directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement est immédiatement avisé par l'exploitant lorsque se produisent dans son exploitation des dommages ou nuisances qui vont à l'encontre des intérêts mentionnés. par le code minier et la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature.
La liste ci-dessous qui est énonciative et non limitative donne les principaux faits qui doivent être immédiatement signalés

- détente brutale des terrains affectant les puits, galeries ou chantiers d'exploitation;
- effondrement en masse ou menace sérieuse d'effondrement;
- première apparition du grisou dans un quartier ou soufflard important;
- dégagement instantané du gaz dans un quartier non classé à cet égard, ou sur tir;
- inflammation du grisou;
- inflammation de poussières;
- manifestation anormale de gaz nocifs, quelle qu'en soit l'origine;

feu ou incendie souterrain; échauffement caractérisé; coup d'eau, inondation des travaux souterrains; (...) incident grave d'extraction; apparition en surface de fissures, crevasses, fontis susceptibles de mettre en cause des bâtiments, voies de communication, ouvrages et objets dont l'intégrité conditionne le respect de la sécurité et de la salubrité publiques; glissement en masse de terrils ou de haldes, accumulation de stériles créant un danger pour la sécurité publique; incendie aux installations de surface; éruption de liquides ou de gaz dans les travaux par forage; pollution anormale des eaux
(source : INERIS)

### Section 3 : Dispositions complémentaires pour les travaux à ciel ouvert
### Article 60 - Distances limites en matière de mines

1. Sans préjudice des réglementations propres à certaines catégories d'objet, d'ouvrages ou d'immeubles, les bords des excavations des exploitations à ciel ouvert de mines sont établis et tenus à distance horizontale de dix mètres au moins des limites du périmètre sur lequel porte le titre minier, ainsi que de l'emprise des éléments de la surface dont la conservation ou la solidité conditionne le respect de la sécurité et de la salubrité publiques.
L'exploitation de la masse doit être arrêtée, à compter des bords de la fouille, à une distance horizontale telle que, compte tenu de la nature et de l'épaisseur tant de la masse exploitée que des terres de recouvrement, l'équilibre des terrains voisins ne soit pas compromis.

2. Le préfet peut, sur proposition du directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement et après avoir éventuellement consulté les autres administrations intéressées, atténuer ou renforcer les obligations résultant du paragraphe 1, dans la limite où le permettent ou le commandent la sécurité et la salubrité publiques.

Le paragraphe 1 fixe notamment à dix mètres au moins la distance devant séparer les bords des excavations des travaux à ciel ouvert, d'une part, des limites du périmètre sur lequel porte le titre minier, d'autre part, de l'emprise des éléments de la surface dont la conservation ou la solidité conditionne le respect de la sécurité et de la salubrité publique.
Le paragraphe 2 laisse cependant au préfet la possibilité de moduler cette distance, tant dans le sens d'une augmentation que d'une diminution.
L'augmentation de la distance au-delà des dix mètres peut parfois s'avérer nécessaire, notamment pour des motifs de sécurité, par exemple dans le cas d'excavations dont les parois, en raison de leur hauteur, de leur profil ou de la nature des terrains, sont susceptibles d'une certaine évolution dans le temps.
En sens inverse, la réduction de la distance de dix mètres ne peut intervenir qu'exceptionnellement dans les limites permises par la sécurité. Ce caractère exceptionnel peut être justifié par l'intérêt économique.
(source : INERIS)

### Article 62 - Risques d'éboulement ou de glissement de terrain ainsi que de chute de blocs

Les travaux doivent être définis et exécutés en tenant compte des éléments du document de sécurité et de santé en ce qui concerne les risques d'éboulement ou de glissement de terrain ainsi que de chute de blocs et de la nécessité de pouvoir assurer la surveillance et la purge.

### Article 63 - Front d'abattage

1. A moins que son profil ne comporte pas de pente supérieure à 45°, le front d'abattage doit être constitué de gradins d'au plus 15 mètres de hauteur verticale, sauf autorisation du préfet.

2. L'exploitant doit définir la hauteur et la pente des gradins du front d'abattage en fonction de la nature et de la stabilité des terrains et de la méthode d'exploitation.

### Article 64 – Banquettes

Une banquette doit être aménagée au pied de chaque gradin; sa largeur est fixée par l'exploitant en fonction des résultats de la détermination et de l'évaluation des risques prévues dans le document de sécurité et de santé et réalisées en prenant notamment en compte la stabilité des fronts, le risque de chutes de blocs à partir du gradin supérieur et de chute des engins sur le gradin inférieur. La largeur minimale des banquettes, ainsi déterminée en fonction des divers types d'engins utilisés et des phases de l'exploitation, est indiquée dans le document de sécurité et de santé.

La largeur minimale des banquettes doit être déterminée et indiquée dans le document de sécurité et de santé, d'une part, en phase normale d'exploitation et, d'autre part, pour les phases transitoires telles que création de banquettes ou la phase finale de l'extraction dans un secteur déterminé ou pour la totalité de l'exploitation.
(source : INERIS)

### Article 65 – Exploitation

1. Les fronts ou tas de déblais ne doivent pas être exploités de manière à créer une instabilité. Ils ne doivent pas comporter de surplombs.

2. Le sous-cavage utilisé comme méthode d'exploitation ou comme méthode d'abattage est interdit. L'emplacement des lieux de travail doit être tel que chacun d'eux soit préservé contre la chute de matériaux ou de matériels ayant. pour origine un lieu de travail situé à une cote plus élevée.

3. Le havage utilisé comme élément d'une méthode d'exploitation est soumis à l'autorisation du préfet.

4. L'évacuation des produits abattus doit être organisée de manière que le personnel ne soit pas exposé au risque d'écrasement par les véhicules ou gêné par eux en cas d'éboulement ou de remise en mouvement d'un bloc.

### Article 66 - Surveillance et purge des fronts d'abattage et des parois

1. Le front d'abattage et les parois dominant les lieux de travail et les pistes doivent être régulièrement surveillés par un agent désigné à cet effet par l'exploitant et être purgés dès que cette surveillance en fait reconnaître la nécessité. Ces opérations doivent être effectuées notamment après chaque tir d'abattage à l'explosif, avant toute reprise du travail en période de gel, de dégel ou de fortes pluies et avant toute reprise de l'activité après un arrêt prolongé.

2. Les opérations de purge doivent être effectuées sous la surveillance directe de l'agent mentionné au paragraphe précédent en mettant en œuvre des moyens et des méthodes qui assurent la sécurité des exécutants.
Les mesures nécessaires doivent être prises pour que, pendant les opérations de purge, personne ne puisse stationner ou se déplacer dans la zone susceptible d'être atteinte par les blocs détachés.

## Section 4 : Dispositions complémentaires pour les travaux souterrains

### Article 68 - Zone de protection en matière de mines

1. L'exploitant d'une exploitation souterraine de mine doit, lorsque la profondeur de l'exploitation, comptée à partir de la surface, est inférieure à cent mètres, donner avis au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement un mois avant que les travaux n'arrivent à une distance horizontale de cinquante mètres des éléments de la surface mentionnés au paragraphe 1 de l'article 60.
Sans préjudice des réglementations propres à certaines catégories d'objets, d'ouvrages ou d'immeubles, le préfet fixe, s'il y a lieu, sur la proposition du directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, les investisons ou massifs de protection à laisser en place ainsi que les conditions dans lesquelles ces investisons peuvent, le cas échéant, être traversés ou enlevés; il notifie sa décision à l'exploitant dans le délai d'un mois à compter de la date de l'avis donné au directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement.

2. Le préfet peut, sur proposition du directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement et après avoir éventuellement consulté les autres administrations intéressées, atténuer ou renforcer les obligations résultant du paragraphe 1, dans la limite où le permettent ou le commandent la sécurité et la salubrité publiques. Il peut notamment, sur proposition de ce directeur, prescrire que les travaux souterrains soient arrêtés, selon le cas, à des

distances horizontales qu'il fixe par rapport à chacun des éléments de la surface mentionnés au paragraphe 1 de l'article 60.
Cette décision s'applique à des travaux ou à un ensemble de travaux dont les exploitants sont alors dispensés de l'avis prévu au paragraphe 1.

Le paragraphe 2 donne le pouvoir au préfet de créer une zone de protection autour de certains des éléments de la surface visés par l'article 60. lorsqu'il estime que la profondeur des travaux n'est pas suffisante.

En règle générale, la zone de protection a une largeur de dix mètres, augmentée de la moitié de différence de cote entre le niveau de base de l'exploitation et le niveau du sol au droit de cette distance de dix mètres, sans qu'il soit nécessaire de dépasser au total cinquante mètres.
Le préfet, sur proposition du directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement, peut fixer, en application du paragraphe 2, la profondeur en deçà de laquelle la déclaration prévue au premier alinéa du paragraphe 1 est exigée, à une valeur différente de cent mètres.
(source : INERIS)

### Article 75 - Risques d'éboulement et de chutes de blocs

1. Les travaux doivent être définis et exécutés en tenant compte des éléments du document de sécurité et de santé pour assurer par des moyens appropriés la protection des personnes au regard des risques d'éboulement et de chute de blocs.

2. Les accès des endroits ne faisant plus l'objet des dispositions prévues au paragraphe 1 doivent être efficacement barrés.

# Annexe 5.4 : Préconisations relatives à la stabilité des fronts de taille

Dans un but de sécurité envers l'exploitant et l'environnement de la carrière, les éléments d'étude relatifs à la stabilité des fronts de taille (futurs ou existants) doivent être intégrés au dossier de demande d'autorisation d'exploiter ou au dossier de renouvellement. Il est nécessaire également que les études de stabilité des fronts soient actualisées au fur et à mesure de l'exploitation ou de l'évolution du gisement (nouveau front de taille, avancée importante d'un front avec éventuellement modification de la géologie, nouveau pallier inférieur …). Ces études doivent impérativement être réalisées ou actualisées lorsque des aléas d'exploitation surviennent :

- changement de la géologie du front (changement de lithologie, particularité
- structurale ... ),
- éboulement important ou récurrence des éboulements sur un front,
- venue d'eau importante ...

## ■ Eléments nécessaires à l'étude de la stabilité

Quel que soit le type d'exploitation, la description géologique et structurale du gisement est nécessaire à l'étude de sa stabilité. La géométrie de l'exploitation (orientation, hauteur, pente des fronts dans le cas d'exploitation à ciel ouvert) est aussi déterminante.

- Dans le cadre des carrières de roches massives à ciel ouvert, la nature géologique des matériaux, leur hétérogénéité, leur état d'altération, leur schistosité et le litage des couches doivent être décrits. L'étude de l'instabilité des fronts est également basée sur l'orientation, le pendage, la densité (donc l'espacement), et l'extension des différentes familles de discontinuités (dont les plans de stratification). La présence d'eau et l'état de ces discontinuités (ouverture, rugosité, altération, remplissage) sont également des paramètres influant sur l'instabilité. La présence de zones filoniennes, notamment si elles s'avèrent fortement altérées, peut paraître nécessaire. Le poids volumique et/ou les caractéristiques mécaniques des matériaux peuvent être nécessaires.

- Dans le cas des carrières de roches massives souterraines, les éléments déterminants pour la stabilité de l'exploitation sont les mêmes que cités précédemment puisque le contexte est également un milieu rocheux. Les caractéristiques géologiques du massif sont à prendre en compte :

- la nature (lithologie) et la distribution (épaisseur) des bancs, l'hétérogénéité de ces bancs, l'altération …
- l'analyse structurale : l'orientation, le pendage, l'extension, l'espacement, l'ouverture, le remplissage et la rugosité des épontes des différentes discontinuités (intrinsèques au massif ou liées à son exploitation) ;
- les circulations d'eau.

La géométrie des exploitations est également déterminante : l'étendue et la hauteur des cavités, mais également leur forme, les dimensions des piliers, le taux de défruitement, la hauteur des terrains de recouvrement. Le poids volumique ainsi que les caractéristiques mécaniques des matériaux exploités et des matériaux de recouvrement sont nécessaires. L'analyse de la stabilité d'une carrière souterraine nécessite d'estimer la répartition des charges au sein du massif. Enfin, d'autres éléments peuvent être le signe manifeste d'une dégradation (gonflement, flexion de toit …).

- Dans le cadre des gisements alluvionnaires, la nature des matériaux (sableuse ou argileuse …), l'hétérogénéité de ces matériaux et la proportion des différentes natures de matériaux, l'épaisseur des strates, et la granulométrie sont des éléments déterminants pour la stabilité des pentes. La teneur en eau est également très influente sur la stabilité des pentes argileuses, et notamment sur la stabilité à long terme. Enfin, l'aptitude à l'instabilité des pentes de ces gisements s'apprécie au travers des valeurs de cohésion et d'angle de frottement propres à ces formations.

## ■ Stabilité des gisements dans le cadre de leur réaménagement

Dans l'optique de leur réaménagement, la stabilité des gisements doit être évaluée à partir des mêmes éléments qu'au cours de l'exploitation, mais à long terme, en prenant donc en compte la dégradation progressive des massifs rocheux et les effets de l'eau sur ces gisements.

De manière générale, une diminution de la pente tend vers une situation de stabilité.

Le guide rédigé par le B.R.G.M. intitulé « La remise en état des carrières : principes généraux, recommandations techniques et exemples par type d'exploitation », datant de janvier 1999, présente quelques dispositions techniques essentielles visant à assurer la stabilité des gisements après réaménagement :

**Cas des carrières alluvionnaires en eau :**

- berges talutées avec une pente inférieure à 35 % se prolongeant progressivement sous l'eau,
- nécessité d'avoir une bonne connaissance des fluctuations des niveaux des eaux, – éviter le ruissellement au niveau des berges.

**Cas des carrières de roches massives :**

Différentes méthodes directes ou indirectes de mise en sécurité des fronts taille :

- méthodes directes :
  - reprofilage de tout ou partie du front de manière à créer une pente plus douce,
  - purge des éléments instables,
  - confortement des zones instables.

- méthodes indirectes :
  - mise en sécurité à la base du front par la réalisation d'un dispositif de piège à blocs,
  - délimitation en crête de front d'une bande de protection balisée.

# Annexe 6.1 : Recommandations spécifiques pour un réaménagement à des fins agricoles

Un réaménagement à des fins agricoles suppose une possibilité d'accès par les engins agricoles. Le niveau de la surface réaménagée à exploiter à des fins agricoles doit être situé au minimum à 0,50 m au-dessus de la côte de crue de la nappe phréatique ou du plan d'eau libre voisin.

La remise en état suppose un carreau hors d'eau et une excavation large et peu profonde. Les opérations suivantes sont à mener avec le plus grand soin si l'on veut redonner une qualité agronomique satisfaisante :

- Aménager le soubassement (nivellement, assainissement et rejet des eaux de ruissellement vers l'extérieur par écoulement gravitaire),
- Recréer la couche arable (épaisseur minimale, respecter les horizons, précautions de mise en oeuvre, absence de compactage en profondeur, épierrage éventuel...),
- Opérations pré culturales (complément organique et/ou minéral...).
- Reconstitution de la trame végétale arborée. Selon les paysages concernés : plantation de haies bocagères, d'arbres d'alignement, d'arbres isolés...

Le choix des cultures et des modalités d'exploitation (fertilisation, chargement en bétail, traitements) doivent prendre en compte les risques potentiels de pollution de l'aquifère.

Les éléments sur le réaménagement agricole et les recommandations concernant la reconstitution des sols et la qualité des plants forestiers à utiliser qui sont détaillés ci-après sont issus de la revue « Ingénieries » du CEMAGREF (Vanpeene-Bruhier – décembre 2000).

Le décapage sélectif des terres végétales et leur remise en place immédiate (à défaut stockage court de quelques mois) pour reconstituer la couche cultivée  permettent d'améliorer la qualité des réaménagements agricoles. Cependant la restauration complète et durable d'un sol agricole ne peut se limiter à la remise en place des terres végétales. En effet, les sols reconstitués sont fragiles et le rétablissement de leur fertilité peut être compromis selon les conditions de manipulation des terres.

Les principaux obstacles à une restauration des potentialités du sol sont les suivants :

- un compactage des sols lors du réaménagement entraînant la formation de mouillères par temps de pluie et limitant ainsi l'accès des engins agricoles aux parcelles ;
- un réaménagement pratiqué avec de la terre humide (décapages, transports ou régalages) ayant pour effet de réduire de façon notable le rendement des sols en comparaison avec un réaménagement réalisé avec des terres sèches ;
- une absence de restauration progressive du sol après le réaménagement dite période de « convalescence ». Au cours de cette période, la mise en place de prairies favorisant la restructuration des sols devrait être privilégiée (graminées et légumineuses sont recommandées respectivement pour l'ameublissement et l'enrichissement en azote du sol).

Au vu de ces constats, les recommandations pour un réaménagement agricole durable sont les suivantes :

**1 ) Le respect de conditions suffisamment sèches pour manipuler la terre**

Transporter ou manipuler une terre trop humide provoque des phénomènes de compaction et de dégradation de sa structure. La terre doit donc être correctement ressuyée avant de pouvoir être manipulée dans de bonnes conditions. Ainsi, il est recommandé que le décapage et le réaménagement ne soient effectués que si le sol est suffisamment sec : terre friable, non modelable et ne collant pas aux mains et aux engins (Institut agricole de l'état de Fribourg, 1998).

**2 ) Une programmation efficace des mouvements de terre**

La programmation des opérations de manipulation (décapage et réaménagement) des terres doit tenir compte des périodes de pluies en fonction du climat local.

**3 ) Ménager un temps de reconstitution des potentialités du sol**

Pour la finalisation du réaménagement agricole, il est conseillé de mettre en place des prairies (graminées et légumineuses) permettant au sol fragile de restaurer ses qualités agronomiques. L'agriculteur doit poursuivre cette culture de « convalescence » durant quelques années.

# Annexe 6.2 : Recommandations spécifiques pour un réaménagement forestier

Plusieurs raisons peuvent conduire à retenir le boisement du site : retour au paysage préalable à l'exploitation, objectif sylvicole ou d'agrément ... Il ne s'agit pas d'une mesure compensatoire au défrichement car une compensation ne doit en aucun cas être confondue avec une remise en état.

L'objectif peut être une ouverture au public ou une végétalisation en fonction du contexte territorial (cf documents d'urbanisme).

La mise en oeuvre du boisement doit répondre aux mêmes conditions et précautions que le réaménagement agricole. Le choix des essences est à faire en fonction du parti retenu (plantations à des fins sylvicoles, d'intégration paysagère, ...) et aux contraintes du site (acidité, besoins en eau, ...). L'autorisation d'ouverture doit afficher des exigences sur la reconstitution d'un sol permettant une future végétalisation notamment sur l'épaisseur de terre végétale.

Il faut éviter les essences exotiques hors essences reconnues dans les projets de plantation ainsi que les essences dont l'état et dont la connaissance vis-à-vis de l'évolution climatique serait insuffisante . Il convient par ailleurs d'utiliser des espèces dont le pollen possède une faible capacité allergisante.

Le boisement nécessite un entretien spécifique qui doit être encadré par des professionnels. Il ne s'agit pas de faire « beau » mais de faire « utile » pour les plants, entre autre vis-à-vis de la faune sauvage qui peut générer des dégâts importants aux plantations. Le but est de permettre aux jeunes plants de 1 à 3 ans d'âge à la plantation, de se développer en hauteur pour occuper l'espace et constituer le futur boisement. Il faut écarter, autour d'un étang, les espèces qui acidifieraient l'eau tant feuillues que résineuses et privilégier les espèces spécifiques d'eau tout en gardant systématiquement 6 m non plantés en bordure de toute eau courante ou stagnante.

Un tel type d'aménagement suppose d'avoir un terrain au-dessus de la côte de crue de la nappe phréatique et de disposer d'un volume de terre suffisant en vue d'assurer une épaisseur minimum et adaptée en fonction de l'essence replantée et du substrat originel.

Il convient de veiller à l'intégration paysagère du boisement (volumétrie, forme, choix des essences…).

Lorsque le boisement initial est présent depuis plus d'une génération d'arbres (et même si le défrichement porte sur une jeune régénération naturelle), il est impossible de rétablir ses fonctionnalités écologiques lors du réaménagement. En effet, pour ces types de boisement en place, le défrichement qui précède l'exploitation entraîne :

- l'élimination de toute la stratification végétale, du bois mort au sol et sur pied, des espèces, notamment d'insectes, qui y sont associées ;
- la déstructuration et destruction de la litière, de la faune et de la microflore du sol
- l'excavation du sol et du sous-sol

Toutefois, des réaménagements forestiers locaux réalisés dans le cadre d'un travail encadré par une collaboration de terrain de l'exploitant avec l'ONF ou dans le cadre de maîtrise d'œuvre passée par les services de l'Etat avant 2000 montrent que les réaménagements forestiers bien conduits sont satisfaisants tant sur le plan de la production sylvicole qu'en matière de biodiversité. Cependant, les fonctions écologiques qui nécessitent une génération d'arbres (70 à 120 ans) ne peuvent pas être reconstituées lors du réaménagement.

Les éléments sur le réaménagement forestier et les recommandations concernant la reconstitution des sols et la qualité des plants forestiers à utiliser qui sont détaillés ci-après proviennent pour la plupart de la revue « Ingénieries » du CEMAGREF (Vanpeene-Bruhier – septembre 2002) et sont amendés de la connaissance de terrain acquise depuis sur ce type de reconstitution par les professionnels forestiers..

Pour les exploitations de roches massives en front de taille, bien souvent, les seules possibilités de réaménagement sont le reboisement ou la végétalisation arbustive. Compte-tenu des conditions d'exposition, de substrat et d'humidité, la réussite d'un reboisement sera conditionnée par l'optimisation des facteurs suivants :

- la reconstitution du sol,
- l'alimentation en eau des arbres,
- les plantations par le choix des espèces,
- le type et la qualité des plants.

Les recommandations relatives à ces facteurs de réussite sont détaillées ci-dessous.

## ■ Reconstitution du sol

### ➔ Reconstituer le sol hors d'eau pour les carrières alluvionnaires.

Dans les carrières alluvionnaires, la constitution de véritables parcelles boisées est tout à fait possible. Les échecs de plantation qui ont eu lieu sont souvent dus à une inondation de la parcelle en raison de la mauvaise estimation de la fluctuation de la nappe.

En effet, l'excès d'eau agit en asphyxiant les racines. Celles-ci ne peuvent absorber que de l'oxygène gazeux présent dans les pores du sol. Si les pores sont envahis par de l'eau, la respiration des racines et de leurs mycorhizes s'arrête. Ainsi, la plupart des espèces forestières ne résistent pas à une immersion durant quelques semaines en période de végétation, d'avril à septembre.

Pour les carrières en fond de fouille, le bas de la couche de sol prospectable par les racines doit se situer au moi ns 1 m au-dessus du niveau de la crue décennale. L'autre point est de respecter les règles de manipulation des sols secs décrites dans le cas du réaménagement agricole des carrières de granulats (Vanpeene-Bruhier et Delory, 2000), afin de ne pas compacter le sol. Les compactions engendrent, entre autres, des imperméabilisations et la création de zones de mouillères.

Au sujet de la reconstitution, les expérimentations réalisées par certains carriers sur le territoire en partenariat avec l'ONF montrent que le broyage des souches dans un but d'incorporation de la matière broyée à la terre végétale du site améliore la qualité de l'humus restitué dans les opérations de remise en état. Les reconstitutions après la tempête de 1999 ont montré entre autre la nécessité de l'attention à porter aux types de bois broyés (toutes les essences ne donnent pas les mêmes résultats) et l'importance d'imiter la nature en évitant l'enfouissement de cette matière. La laisser en superficie permet sa correcte décomposition par les micro-organismes existant naturellement.

### ➔ Améliorer la topographie des fronts de taille

Pour les réaménagements de fronts de taille, les problèmes qui se posent sont le manque d'eau lié à la faible profondeur de sol disponible pour les plants et l'exposition à des conditions climatiques défavorables. Les conditions d'exploitation doivent ainsi intégrer très en amont les contraintes de la végétalisation future afin d'essayer de créer des conditions d'épaisseur de terre suffisante, des conditions d'exposition les moins défavorables possible et une largeur de banquette importante.

### ➔ Reconstituer une épaisseur de sol suffisante

L'expérience a montré que souvent des plants ont été mis en place sur des banquettes de roche massive recouvertes sur une épaisseur insuffisante. Les plants se développent sur cette épaisseur tant que leurs racines explorent le sol meuble et ils dépérissent brusquement quand les racines atteignent la zone non fissurée ou une zone fortement compactée. Il faut ainsi veiller à mettre en place une épaisseur de sol meuble suffisante qui peut être constitué pour une bonne part par des stériles d'exploitation et aussi quand elles existent les fines de décantation. Sinon il est égale-

ment possible de privilégier des essences dites pionnières qui ont des capacités à s'installer sur des terrains vierges et de fissurer les roches (attention toutefois à ne pas retenir des espèces invasives ou hautement allergènes). Il est aussi possible de prévoir la fissuration artificielle par l'exploitant créant une perméabilité des sols pour les racines.

Dans l'optique d'une végétalisation durable de banquettes inaccessibles après la phase de restauration, il est parfois plus judicieux d'installer une couverture herbacée et de laisser ensuite la colonisation ligneuse se faire.

## ■ Alimentation en eau

La masse de feuillage des arbres entraîne une évapotranspiration importante qui doit être compensée par une alimentation en eau suffisante. Cette alimentation s'effectue à partir de la réserve utile en eau, c'est-à-dire la quantité d'eau potentielle stockée dans la profondeur de sol accessible aux racines. L'importance de cette réserve dépend notamment de la profondeur prospectable par les racines, de la texture du sol et de sa porosité. Ceci est particulièrement vrai pour les plantations sur banquettes, où la profondeur de sol accessible par les racines peut être insuffisante.

L'eau disponible pour l'arbre dépend à la fois de la capacité du sol à la stocker (réserve utile), de son aptitude à reconstituer cette réserve lors de pluies (infiltration de l'eau dans le sol à favoriser) et surtout de la présence d'autres plants qui utiliseront également ce stock d'eau (concurrence herbacée).

Pour assurer une alimentation en eau suffisante des plantations, des dispositifs de lutte contre la concurrence herbacée peuvent être mis en œuvre de façon préventive ou curative selon les cas (barrière physique de type paillage organique, désherbage mécanique…). Si du broyage de végétation est prévu, il faut le limiter à une à deux fois par an sinon cela entraîne une reconstitution de la végétation herbacée et donc sa consommation en eau et en matière organique au détriment des plants introduits.

## ■ Choix des essences : des espèces autochtones

Dans le cadre de plantations sur les sites, une attention particulière devra être portée à l'utilisation de plants forestiers d'espèces locales adaptées aux contraintes du milieu (type de sol, climat, intérêt écologique). Il s'agit du point fondamental dans la réussite des boisements qui permet de meilleurs taux de reprise comparativement à des espèces horticoles ou allochtones.

La reconstitution du boisement doit chercher à reproduire des boisements autochtones existants en utilisant également des essences pionnières dites de bois tendres en plus des arbres de bois durs et arbustes habituels afin de diversifier les strates de végétation. Ainsi, en fond de vallée, la reconstitution de boisements alluviaux peut permettre la sauvegarde des espèces patrimoniales y appartenant.

Afin de s'approcher au maximum des boisements naturels alentours, il est envisageable de laisser libre court à l'évolution et à la colonisation naturelles des zones à reboiser. En effet, ces zones peuvent être laissées sans entretien afin de favoriser l'installation naturelle des espèces durant toute la durée de la carrière, puis une intervention par des plantations complémentaires peut être réalisée avant la fin de l'autorisation.

Le recours aux pépinières forestières et aux plants normalisés et d'origine certifiée est à encourager voire à rendre obligatoire. Concernant l'entretien des plantations, il faut recourir aux techniques forestières qui ont pour seul but de mettre la tête des plants au soleil et de ne broyer qu'une interligne sur deux (toujours la même permettant l'accès aux plants) afin de favoriser le développement d'espèces spontanées qui participent à la biodiversité et à une rapide couverture du sol par une végétation arbustive ou arborée. Enfin, le décompactage du sol, primordial avant la plantation, et l'usage d'un paillage organique ou de compost composés de produits de tonte ou de broyats de végétaux et mis en place au pied des plants contribuent également à un meilleur taux de reprise.

## ■ Qualité des plantations – choix du type de plants

Pendant la culture en pépinière, beaucoup de facteurs peuvent influencer la qualité et le potentiel de croissance des plants forestiers : âge, opérations culturales, type de support de culture et de conteneur, fertilisation, inoculation…

Les lots de plants acceptés sur les carrières peuvent être de très mauvaise qualité ou être parfois mal adaptés à la situation pédoclimatique de la carrière ce qui à moyen terme conduit à l'échec de la plantation.

La qualité des plants dépend des conditions dans lesquelles se déroulent les étapes suivantes :
- semis d'une semence de bonne qualité génétique ;
- culture en pépinière ;
- arrachage et de conditionnement pour les plants à racines nues ;
- transport et de stockage sur le site avant plantation ;
- plantation proprement dites.

L'amélioration de la qualité des plants acceptés sur les carrières constitue une marge de progrès importante du point de vue de la durabilité des reboisements. S'il apparaît que l'exploitant peut difficilement contrôler la qualité des plants fournis par le pépiniériste, la définition, très à l'avance, d'un cahier des charges fixant les conditions de production des plants permet de mieux préparer la plantation. Un maître d'œuvre forestier peut être utile compte tenu de sa compétence pour une partie du contrôle de l'état des plants et de leur qualité structurelle.

Des recommandations sur les conditions de culture en pépinière et sur le choix des types de plants sont détaillées ci-après.

Deux types de plants présentant chacun ses avantages et ses inconvénients peuvent être choisis :
- plant à racines nues,
- plant en conteneur (ou en godet ou en motte).

Les plants en conteneur ou en godet ou en motte, généralement de petite taille (0,1 à 0,3 m), occasionnent un surcoût (en fonction du type de conditionnement) au moment de la plantation et nécessitent un bon contrôle de la concurrence herbacée les premières années. Cependant, ils ont une bonne reprise et, par la suite, occasionnent des frais réduits pour le regarnissage (la plupart des pépinières assurent la reprise de plants en conteneur et fournissent des plants gratuitement pour remplacer les plants morts, la plantation restant à charge). Pour ce point particulier les cahiers des charges du maître d'œuvre doivent prévoir le taux de réussite à assurer et les conditions de contrôle et de reconstitution, ceci étant valable aussi bien pour les plantations en racine nues ou en godet, motte ou conteneur.

Le contrôle visuel de la qualité des racines des plants en conteneur (ou en godet ou en motte) n'est possible que pour la partie visible à leur livraison. Il y a donc lieu pour l'exploitant de se prémunir contre des lots de mauvaise qualité en mettant en place des garanties contractuelles sur les conditions de production. Les discussions avec le pépiniériste pour fixer ces conditions de production doivent avoir lieu, deux à quatre ans avant le début des travaux de réaménagement de la carrière, en fonction de l'âge souhaité des plants à la plantation.
Elles portent sur :
- l'espèce choisie avec, dans certains cas, l'origine des graines si celles-ci font l'objet d'une réglementation nationale;
- l'âge et la fourchette de taille du plant que l'on accepte selon le volume du conteneur. En effet, la hauteur du plant, son diamètre au collet et le nombre de bourgeons racinaires est en corrélation directe avec la section du conteneur, du godet ou de la motte ;
- l'élevage en conteneur anti-chignon sans fond et installé sur vide ou autre technique labellisée pour éviter des malformations graves du système racinaire.

Les plants à racines nues sont issus de semis direct en pleine terre de graines. Ils peuvent être plantés jusqu'à l'âge de trois à quatre ans. Une fertilisation excessive en pépinière peut produire un plant jeune de grande taille qui n'aura pas de bonne capacité de reprise à la plantation en milieu difficile (déséquilibre partie aérienne-partie racinaire).

Sous réserve d'une culture sur terre sans ces apports supplémentaires, les plants à racines nues sont à privilégier. Ils n'ont pas de difficulté à changer de substrat contrairement aux plants en conteneur(ou en godet ou en motte). Ils permettent le contrôle des racines et le bon équilibre entre la partie aérienne et racinaire. Les réussites des plantations sur terrain nu et sol forestier de ces plants installés par centaines d'hectare tous les ans par les forestiers et la garantie par les planteurs de 90% de réussite, justifie de recourir prioritairement à ceux ci.

Les conditions de fertilisation des plants doivent donc également faire l'objet d'un volet spécifique dans le cahier des charges contractuel entre l'exploitant et le pépiniériste, aussi bien pour les plants en conteneurs, godet, motte ou racine nue.

## ■ Conservation du sol

En plus des recommandations issues de la revue « Ingénieries » du CEMAGREF (Vanpeene-Bruhier – septembre 2002), un autre moyen de « reconstituer » un sol forestier serait de mettre à part le sol forestier d'origine et de conserver par ailleurs le bois mort (y compris les arbres, troncs et branches morts) pour les replacer par la suite au sein des milieux boisés reconstitués.

Toutefois, ce point nécessite une organisation non négligeable en termes de phasage des opérations car ce type de sol ne supporte qu'un stockage extrêmement court (les zones défrichées sont assez souvent celles qui sont concernées par un reboisement après exploitation).

Par ailleurs, la possibilité de déplacer de jeunes arbres ou arbustes présents initialement, en les prélevant à l'aide d'une pelle godet avec un certain volume de sol associé aux racines, afin de les replanter sur les secteurs à reboiser, peut être intéressante pour préserver le sol et sa faune. Ceci ne vaut que pour des travaux qui ne dureraient pas plus de quelques mois.

De plus, pour le stockage des terres, la hauteur des tas ne doit pas dépasser 1 m à 2 m afin de conserver la fonctionnalité des éléments VIVANTS du sol, au delà de cette hauteur ces éléments sont détruits et le sol devient inerte.

# Annexe 6.3 : Recommandations spécifiques pour un réaménagement créant des milieux écologiques

Ce type de réaménagement peut être imaginé si le site possède un potentiel de situations stationnelles diversifiées (mares, zones humides, zones sèches, pentes douces…).
Le milieu environnant doit être calme, peu fréquenté, voire isolé. Le site doit être complémentaire des composantes de son environnement en respectant et privilégiant les continuités écologiques en lien avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique.

Favoriser les stades pionniers de végétation constitue l'objectif le plus intéressant de la remise en état à vocation écologique. A condition de les diversifier, les surfaces nues laissées par les carrières réunissent les conditions des sols pauvres à l'origine du développement d'espèces végétales pionnières. On peut saisir cette opportunité en retenant le parti de privilégier ces stades pionniers. Ceci implique quelques aménagements pour offrir un maximum de situations stationnelles, condition sine qua non de la réussite du projet :

- Diversifier la forme des fronts (abrupts, sommets de fronts, fissures, pierriers, ...),
- Faire varier les gradients d'humidité et d'exposition des fronts et du carreau,
- Différencier le carreau pour créer des mares, des zones humides, des zones sèches, des pentes douces, etc...
- Laisser ensuite évoluer librement le milieu,
- Assurer la quiétude des lieux, maîtriser et même interdire la fréquentation,
- Ne pas exclure l'introduction d'espèces pionnières,
- Etablir un protocole scientifique, assurer le suivi et la gestion du site,
- S'entourer du conseil d'experts (Conservatoires botaniques...).

Dans le cas où la carrière laisse la place à un plan d'eau en relation avec la nappe et, directement ou non, avec la rivière, il faut en premier lieu vérifier la compatibilité de la nouvelle situation avec les SDAGE Seine Normandie (notamment l'orientation 22) et Loire Bretagne, la réglementation piscicole et la police des eaux. Ensuite il faut définir le programme des aménagements qui doit comprendre :

- un dispositif de surverse adapté (simple déversoir, «moine», tranchée drainante,...),
- la diversification de la forme et du profil des berges,
- la création de hauts fonds.

Il faut également tenir compte du phénomène de rabattement de la nappe qui conditionne la cote des berges et peut avoir des répercussions au delà des limites du site.
Le comblement total d'une gravière ou d'une sablière en eau offre l'avantage de ne pas exposer la nappe à l'air libre. Par contre il modifie l'écoulement souterrain et introduit le risque de pollution de la nappe par l'apport de remblais.
L'aménagement d'un plan d'eau dans le double objectif d'espace naturel et de loisir, par exemple, nécessite de grandes surfaces. Dans le cas de petites exploitations, il est préférable de ne lui donner qu'une seule vocation.

Dans le cas des sablières hors d'eau, des aménagements spécifiques peuvent être mis en place comme, par exemple, maintenir tout ou partie d'un front exposé au sud, pour la recolonisation de l'hirondelle de rivage. En cas de carrières contiguës, un accord entre exploitants voisins est à rechercher pour ne pas laisser de bandes inexploitées qui donnent autant de «digues» réduisant les possibilités de réaménagement d'ensemble. L'article 14.3 de l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 permet de déroger à la règle du recul de 10 mètres en limite de propriété et d'augmenter cette distance en fonction des caractéristiques du site.

Les carrières de calcaire offrent des possibilités intéressantes de recréation de stades pionniers dans la reconquête par la végétation et la faune associée. Remblayer tous les fronts aboutit à une banalisation totale du milieu.

Les carrières de roches dures siliceuses se rempliront d'eau si le bilan hydrique est positif. Selon la géologie elles peuvent atteindre un niveau d'équilibre ou déborder de l'excavation. L'évolution de la qualité des eaux (acidification) est difficile à prévoir et à maîtriser.

# Annexe 6.4 : Recommandations spécifiques pour un réaménagement à vocation « urbaine »

Le dégagement d'une surface conséquente peut parfois être mis à profit pour affecter une vocation nouvelle à cet espace. L'ancienne carrière devient alors, par exemple, un espace d'activités sportives ou ludiques (stade, tennis, motocross, golf, varappe, ...), un espace de détente et d'agrément (base de loisirs, de pique-nique, parcours de santé, ...) ou un espace urbanisé (zone résidentielle, zone d'activités économiques, parking, ...). Dans les cas où la carrière laisse la place à un plan d'eau, c'est en général autour de celui-ci que s'organisent les nouveaux usages du site.

Ces différentes vocations peuvent se combiner sur un même site. Dans ce cas il faut s'assurer que leur cohabitation est possible malgré des exigences parfois contradictoires entre les différents usages : quiétude d'un site écologique, accessibilité d'une zone résidentielle, nuisances générées par les activités motorisées...

On constate que de tels projets sont rarement décidés au moment de l'ouverture de la carrière. En effet, il est difficile de prévoir quels seront les besoins au moment de sa fermeture. La question du devenir du site se pose plus souvent lorsque l'on approche de l'arrêt de la carrière. Avant, les principaux protagonistes que sont le carrier, le propriétaire ou le maire sont rarement en mesure d'avoir une idée précise de la meilleure utilisation du site post exploitation, notamment pour les carrières de roches massives où l'exploitation s'étend sur plusieurs décennies.

La difficulté réside donc dans le fait que l'exploitant ne connaît pas l'usage futur du site alors qu'il doit en tenir compte dans son programme de remise en état. Au cours de l'exploitation, il y aura parfois lieu de déposer une demande de modification des modalités d'exploitation pour adapter la remise en état telle qu'elle figure dans l'arrêté d'autorisation initial, en fonction des besoins issus du projet de réaménagement lorsque celui-ci est suffisamment avancé.

# Annexe 6.5 : Recommandations spécifiques pour un réaménagement à caractère pédagogique ou scientifique

La remise en état doit également pouvoir préserver à des fins scientifiques ou pédagogiques, les potentialités ou particularités géologiques, paléontologiques, archéologiques... du site mises en évidence au cours de l'exploitation. Un front témoin peut alors être maintenu accessible et observable à titre conservatoire.

Ces réaménagements doivent notamment s'inscrire dans la démarche de mise en valeur du patrimoine géologique normand dont l'inventaire, en cours, révèle la haute valeur pédagogique.

Ces sites présentent souvent par ailleurs des potentialités écologiques indéniables (faune, flore) qui peuvent intéresser naturalistes et enseignants.

Le réaménagement doit comprendre les équipements nécessaires au respect du site et de son environnement (assainissement, collecte des déchets).

Les accès doivent être sécurisés.

# Annexe 6.6 : Cas particulier de la présence d'eaux acides

*(issu d'une Étude BRGM : les eaux acides - Document d'orientation sur les risques sanitaires liés aux carrières- Réflexions sur les composantes sources de dangers et transferts dans les études d'impact - Rapport final BRGM/RP-53246-FR - juillet 2004)*

## ■ Potentiel de danger des eaux acides

Les eaux acides issues des industries extractives présentent plusieurs facteurs polluants qu'il est difficile de séparer en composants individuels car ils sont interdépendants. Ces facteurs polluants sont l'acidité, les métaux et les autres éléments dissous (comme l'arsenic).

### ➔ Toxicité liée à l'acidité

Les conséquences des eaux acides sont les effets directs du changement de pH sur la vie aquatique et indirectement la perturbation de la chaîne alimentaire. Par rapport aux eaux neutres, les eaux acides se caractérisent par un nombre plus réduit d'espèces et des populations moins abondantes de macro-invertébrés. Les effets directs de l'acidification sur les poissons incluent une mortalité importante, des perturbations de la croissance, de la reproduction et des dommages chroniques aux organes et aux tissus. Les effets indirects de l'acidification sont la dégradation de l'habitat des poissons et des modifications des relations avec leurs proies. L'acidité augmente la perméabilité des branchies des poissons à l'eau, ce qui perturbe gravement leur fonctionnement.

### ➔ Toxicité liée aux métaux

Les métaux augmentent la toxicité de l'effluent acide et sont généralement des poisons du métabolisme. Dans les écosystèmes aquatiques, la biodisponibilité des métaux repose sur leur charge, ainsi que sur les caractéristiques chimiques et biologiques de l'eau dans laquelle ils sont déversés. De plus la toxicité des métaux est augmentée par leur présence simultanée. Ainsi, le zinc, le cadmium et le cuivre sont toxiques aux faibles pH, et agissent en synergie pour inhiber la croissance des algues et affecter les poissons. Les métaux se concentrent à la fois dans les sédiments et dans les biofilms à l'aval des rejets miniers. Les métaux peuvent être transférés vers les poissons, et l'homme, par l'intermédiaire des sédiments et des macro-invertébrés. Les truites accumulent les métaux dans leurs branchies et dans leur foie, ce qui réduit leur croissance et leur espérance de vie. En ce qui concerne la toxicité des métaux pour l'homme : le jeu des bioaccumulations et des bioamplifications peut aboutir à une intoxication humaine, notamment chez des populations consommant du poisson, de l'eau ou des végétaux contaminés par des métaux. Les effets d'une exposition de longue durée aux métaux (Cd, Cu, Pb, Sn, Zn, …) sont : gastro-entérite, insuffisances rénale et hépathique. Certains métaux pourraient être à l'origine de cancer. L'arsenic est également souvent présent dans les eaux acides. Les symptômes de l'intoxication à l'arsenic sont une diminution de la coordination motrice, des perturbations des systèmes nerveux et respiratoires, et une altération des reins.

La variété des sites de carrières induit une très grande diversité de composition chimique des effluents acides qui y apparaissent. Leur impact sur la qualité des eaux, sur les écosystèmes aquatiques, ainsi que sur la santé humaine, est donc très variable. Il n'existe pas d'indicateur unique permettant d'évaluer la toxicité à court et long terme de ces effluents.

## ■ Impacts liés aux eaux acides

Dès lors que le phénomène de drainage acide se produit, les effets liés aux eaux acides sont essentiellement ressentis par :

- les sols et les végétaux exposés aux ruissellements ;
- les écosystèmes aquatiques (acidité et métaux lourds) ;
- les eaux souterraines, en particulier les aquifères peu profonds ;
- le paysage : dépôts et stocks de déchets dénudés, non végétalisés.

Les eaux acides et les métaux associés déversés dans les cours d'eau dégradent les habitats aquatiques et la qualité de l'eau, et peuvent produire un environnement incompatible avec toute vie aquatique. Les effets de la pollution se manifestent notamment par une altération de la communauté des macro- invertébrés benthiques :

- réduction de la biodiversité ;
- réduction des populations ;
- modification de la structure des communautés ;
- développement d'espèces tolérantes à la pollution favorisé.

Outre les facteurs polluants évoqués précédemment (acidité, métaux et autres éléments dissous comme l'arsenic), d'autres facteurs polluants physico-chimiques secondaires peuvent être également induits par les eaux acides. Il s'agit notamment :

- de l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone dans l'eau, par réaction de
- l'acidité avec les roches carbonatées présentes dans le lit de la rivière ;
- de la réduction de la teneur en oxygène dissous dans l'eau par l'oxydation des
- métaux ;
- l'augmentation de la pression osmotique due aux fortes concentrations des sels
- métalliques ;
- l'augmentation de la turbidité par érosion des sols ;
- l'apparition de particules fines en suspension ;
- l'étouffement de la végétation par des précipités d'oxy-hydroxydes métalliques.

Si les études permettent de bien cerner l'ampleur du phénomène d'acidification des eaux d'exhaure dans les carrières de roches massives, différentes interrogations subsistent, et notamment :

- la variabilité en fonction des conditions climatiques : les pluies entraînent des ruissellements et des infiltrations qui sont les principaux facteurs de transport de la pollution. Mais l'apparition de la pluie ne signifie pas nécessairement une augmentation immédiate des rejets acides, car l'oxydation des sulfures est moindre en milieu saturé qu'en présence d'air. L'alternance de périodes humides et sèches favorise l'accumulation de produits d'oxydation dans certaines zones, puis leur rejet dans le milieu. Généralement, des pluies occasionnelles pendant une saison sèche entraînent des pH bas et de fortes concentrations en métaux dissous dans les cours d'eau. De même, des pluies d'orages peuvent produire des conditions très toxiques dans les cours d'eau, avec mortalité des poissons ;
- la variabilité en fonction de la distance : l'impact du rejet d'eaux acides se ressent à plus ou moins longue distance de leur lieu d'origine. Les paramètres influençant l'ampleur de l'impact sont les caractéristiques physico-chimiques de l'effluent minier et du cours d'eau récepteur, ainsi que celles de son lit (débit, nature géologique du lit, granulométrie, paramètres hydrodynamiques …). La concentration totale en calcium et magnésium de l'eau dans laquelle se déverse l'effluent acide permet de tamponner rapidement l'acidité du rejet et de précipiter une partie des métaux en solution. De plus, la matière organique dissoute présente dans le cours d'eau peut complexer les métaux en solution et réduire ainsi la toxicité de l'eau et/ou la biodisponibilté des métaux pour les organismes aquatiques.

## ■ Prévention et gestion du drainage acide en phase d'exploitation

Les rejets aqueux des carrières peuvent avoir trois origines distinctes selon la nature de l'exploitation. Il peut s'agir d'eaux d'exhaure lorsque l'extraction se fait en dessous du niveau de la nappe, d'eaux de ruissellement qui dépendent en grande partie de la topographie des lieux, et enfin d'eaux de procédé. Ces dernières, qui proviennent du lavage des matériaux, sont obligatoirement recyclées (exigence réglementaire). Le volume des eaux rejetées peut dont être très différent d'une carrière à l'autre, tout comme leur impact lié à la sensibilité du milieu environnant, et ceci indépendamment du niveau de production.

Le dénoiement des roches contenant des sulfures (pyrite essentiellement) peut entraîner, dans certaines conditions, un phénomène d'acidification des eaux préjudiciable à l'équilibre des milieux récepteurs.

Lorsque la caractérisation montre que les effluents présentent un risque d'acidification, deux types d'approche sont envisageables :

- prévention de l'acidification : l'objectif de ces mesures est d'empêcher que le processus d'acidification s'engage ou bien de limiter l'ampleur du phénomène ;
- traitement : lorsque les mesures préventives n'ont pas conduit aux résultats escomptés, il faut collecter les effluents afin de les traiter.

### ➔ Prévention de l'acidification

Lorsque l'étude préliminaire montre que les sulfures sont liés à un faciès géologique identifié, on peut envisager d'adopter des mesures spécifiques. Le cas de figure le plus favorable serait celui où les niveaux à pyrite sont parfaitement localisés et où le reste du gisement peut être exploité sélectivement sans perturber la formation sensible. Le plus souvent, ce schéma n'est pas envisageable puisqu'il conduirait à geler une part importante du gisement. Il est alors nécessaire d'adopter des mesures pour prévenir ou limiter tout risque d'acidification des effluents qui percolent au travers du stock de stérile.

Deux principaux types de mesures peuvent être envisagés. Le mélange avec des matériaux alcalins (dosage et granulométrie à optimiser en fonction de la teneur en pyrite) est un premier type. Le second consiste à limiter les apports d'oxygène et d'eau en mettant en place une couverture imperméable (argile, ciment, asphalte, plastique).

Il faut distinguer deux niveaux d'intervention dans le contrôle du phénomène d'acidification :

- à l'échelle de la carrière,
- à l'échelle des stocks et des matériaux de découverture.

En théorie, il est possible de freiner les réactions d'acidification en limitant les apports d'oxygène et d'eau. Il est clair qu'il n'est pas possible de limiter l'apport en oxygène à l'échelle d'une carrière en exploitation. En revanche, une meilleure gestion des circulations d'eau peut considérablement diminuer l'ampleur du phénomène sans pouvoir pour autant l'empêcher totalement. En effet, il faut rappeller que la quantité d'eau nécessaire à la réaction d'acidification est très faible. La maîtrise et la réduction des écoulements visent donc à limiter les flux d'effluents acidifiés et à freiner la propagation du phénomène sur l'ensemble du site.

Il a clairement été montré que les débits constituent un facteur aggravant : les concentrations en sulfate et en métaux lourds évoluent assez peu (en moyenne, d'un facteur 2) indépendamment des variations de débit. Il n'y a donc pas de phénomène de dilution. La construction d'ouvrage permettant de minimiser l'apport des eaux de ruissellement (fossés, drains, merlon périphérique, par exemple) contribue donc à limiter les flux d'éléments polluants. Enfin, si un secteur donné de la carrière s'avère être plus problématique, il convient de recueillir les eaux dans un circuit indépendant.

Les stocks de stérile, et dans une moindre mesure de matériaux concassés/broyés,peuvent être la source principale de pollution acide. Lorsque la pyrite est finement disséminée dans l'ensemble de la roche, on conçoit que les stocks de sable et plus encore de fillers puissent être une source majeure de pollution : le facteur aggravant est alors l'augmentation de surface spécifique générée par le broyage. Les techniques préconisées pour les stériles (mélange avec

des minéraux neutralisants, couverture imperméable) ne sont pas transposables pour des matériaux valorisables. La solution la plus simple consiste à les stocker sur des plates-formes spécifiques où les eaux sont recueillies pour pouvoir être traitées ultérieurement. L'utilisation de matériaux carbonatés pourrait permettre d'améliorer significativement la qualité des effluents avant traitement. Leur mise en oeuvre peut être envisagée à différents niveaux : constituant de la plate-forme, remplissage de tranchées d'évacuation des eaux, voire de drains suivant le concept des drains anoxiques. Des essais cinétiques de type percolation en colonne pourraient constituer un excellent guide pour évaluer le potentiel polluant d'un stérile ou d'un sable. Les techniques possibles mises en oeuvre dans le secteur minier sont l'aspersion par des solutions d'agents bactéricides ou l'épandage de matériaux phosphatés, qui fixent le fer ferrique, permettant ainsi d'interrompre le cycle d'altération de la pyrite. Selon les connaissances disponibles, ces techniques n'ont jamais été appliquées dans le secteur des carrières.

### ➔ Traitement des effluents acides

Le traitement des effluents acides peut s'avérer nécessaire. Un pH inférieur à 5,5 et une conductivité supérieure à 500 µS/cm sont classiquement les seuils à partir desquels un traitement doit être mis en place. La méthode actuellement la plus utilisée consiste à neutraliser les eaux par addition d'un réactif alcalin (calcaire, chaux, soude) pour faire précipiter les métaux en solution.
Ces traitements sont validés et assurent une qualité satisfaisante des effluents. Les principaux problèmes pour ce type de traitement concernent les boues de neutralisation produites. Les études entreprises ont permis d'apporter des solutions opérantes en terme de séparation solide/liquide, en particulier dans les procédés de neutralisation en ligne utilisant du calcaire concassé : action des floculants, conception de bassins drainants. En revanche, l'épineux problème du devenir de ces boues reste posé. Les boues de neutralisation sont par nature instables. Les métaux initialement présents dans les eaux se retrouvent sous forme d'hydroxydes. Les essais de lixiviation standards (norme X31-210) conduisent logiquement à des résultats satisfaisants, le pH de l'eau étant proche de la neutralité. En revanche, les métaux sont remobilisables si la boue de neutralisation est en contact avec des eaux à pH < 6, d'où la nécessité impérative de les stocker dans un environnement neutre à légèrement basique. Il est clair que le stockage sur le site d'exploitation implique une gestion très stricte des écoulements, pour éviter tout risque de contact avec des effluents acides (pendant la phase d'exploitation, mais
également après fermeture du site). Le stockage sur site nécessite donc de concevoir un dispositif technique spécifique (stabilisation, alvéole, contrôle des lixiviats, ...) qui garantisse la stabilité à long terme des boues.

D'un point de vue scientifique, la stabilisation par les liants hydrauliques pourrait constituer une alternative puisque les ciments génèrent des conditions basiques à très long terme (pH > 9). La mise en dépôt des boues dans des Installations de Stockage de Déchets (ISD) est envisageable techniquement mais représente des coûts quasi prohibitifs (stabilisation + dépôt en alvéole ≈ 300 €/t). Une des solutions les plus séduisantes serait de valoriser les boues comme matériaux de viabilité ou de construction (Graves Recomposées Humides, Graves ciment et Graves bitume, bétons).

## ■ Prévention et gestion du drainage acide après fermeture de la carrière

Les traitements mis en place sur les sites assurent une qualité satisfaisante des rejets durant l'exploitation et minimisent l'impact des carrières sur l'environnement. Il subsiste des interrogations, concernant principalement :

- la stabilité des boues de neutralisation,
- l'impact des carrières après fermeture.

Il existe un certain nombre de préconisations. Tout stock ayant disparu, les actions porteront sur les fronts de taille :

- Laisser actif le front de taille
- Si le réaménagement est prévu en plan d'eau, celui-ci va se constituer et remonter progressivement. Le pH du plan d'eau va ainsi progressivement reprendre le dessus et revenir proche de l'équilibre naturel.
- Remblayer complètement avec des matériaux inertes.
- Action naturelle : le lessivage des ruissellements augmente progressivement le pH pour un retour à l'équilibre naturel.

# Bibliographie


**BRGM** (1998)- Mémento roches et minéraux industriels - La silice à usage industriel. Rap. BRGM R 40348, 80 p., 5 fig., 17 tabl.

**Collectif** (2004) – Schéma départemental de gestion des déchets du BTP de l'Orne. DDT de L'orne.

**Collectif** (2004) – Schéma départemental de gestion des déchets du BTP de la Manche. DDASS et Préfecture de la Manche.

**Collectif** (2004) – Plan départemental des déchets du BTP (département du Calvados). Perspectives et équipement. Préfecture du Calvados.

**Collectif** (2002) – La Normandie. Ed. Delachaux et Niestlé.

**Delsinne N.** (2005) – Evolution pluri-millénaire à pluri-annuelle du prisme sédimentaire d'embouchure de la Seine. Facteurs de contrôle naturels et d'origine anthropique. Thèse de doctorat de l'Université de Caen.

**Garlan T.** (1985) – Sédimentologie du Briovérien supérieur de Normandie et du Maine, Thèse de 3ème cycle, Université de Caen.

**Graindor M-J.** (1957) – Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Paris, Imprimerie nationale.

**Ke Y.** (2008) – Caractérisation du comportement mécanique des bétons de granulats légers : expérience et modélisation. Thèse de doctorat, Université de Cergy-Pontoise

**Laouenan J-P.** (1983) – Les leucogranites de la marge Nord de la Mancellia (Massif armoricain) dans leur cadre structural. Thèse de 3ème cycle, Université de Caen

**Quesney A.** (1983) – Manche occidentale et mer Celtique. Etude des paléovallées, des fosses et des formations superficielles. Thèse de doctorat de l'université de Caen.

**Rioult M., Dugué O., Jan du Chene R., Ponsot C., Fily G., Moron J.-M., Vail R.** (1991) – Outcrop sequence stratigraphy of the Anglo-Paris Basin, Middle to Uppel Jurassic (Normandie, Maine, Dorset). Bull. Centres Rech. Explor. Elf Aquitaine.

**Roux J-C.** (2006) – Aquifères & eaux souterraines en France. Tome 1, p 241 – 248. Ed. BRGM

**Vernhet Y.** (2003) – Carte géologique harmonisée du département de la Manche (hors Cotentin). Rapport BRGM/RP-52715-FR. 228 p., 3 fig, 18 tabl., 2 ann., 1 pl. h.-t.

**Vernhet Y.** (2005) – Carte géologique harmonisée de la partie nord du département de la Manche. Rapport BRGM/RP-53745-FR. 113 p., 3 fig, 18 tabl., 2 ann., 1 pl. h.-t

# Bibliographie

## ■ Cartes géologiques à 1/50 000


**Baize S., Aubry J., Coutard J.P., et al.** (1997) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°117 (Carentan). Ed. BRGM.

**Bambier A., Beurrier M., Doré F., Enouf C., Kuntz G., Langevin C., Lautridou J.-P., Rioult M., Verron G., Villey M.** (1983) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n° 211 (Flers-de-l'Orne). Ed. BRGM.

**Beurrier M., Villey M., Langevin C., et al.** (1984) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°209 (Avranches). Ed. BRGM.

**Bogdanoff S., Jourdan C., Lafond R.L.** (1997) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°246 (Dol de Bretagne). Ed. BRGM.

**Deroin J.-P., Lerouge G., Barbier, G. Vernhet Y., Coutard, J-.P., Ozouf J.-C.** (1999) - Carte géologique de France au 1/50 000, feuille n°146 (Mézidon). Ed. BRGM.

**Doré F., Dupret L., Dumesnil F ., Pellerin J. et coll.** (1993) - Carte géologique France au 1/50 000, feuille n°175 (Condé-sur-Noireau). Ed. BRGM.

**Doré F., Dupret L., Lautridou J.P., et al.** (1987) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°172 (Granville). Ed. BRGM.

**Doré F., Le Gall J., Dupret L., Chalot- Prat F.** (1977) - Carte géologique France au 1/50 000). Feuille n°250 (La ferté Macé). Ad. BRGM.

**Doré F., Le Gall J., Kuntz G., Rioult M., Vérague J.** (1981). Carte géologique France au 1/50 000, feuille n°251 (Alençon). Ed. BRGM.

**Dupret L., Dissler E., Poncet J., Coutard J.P.** (1997) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°143 (Saint Lô). Ed. BRGM.

**Dupret L., Poncet J., Lautridou J.P., et al.** (1987) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°142 (Coutances). Ed. BRGM.

**Graindor M.J.** (1963) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°72 (Cherbourg). Ed. BRGM.

**Graindor M.J., Pareyn C.** (1969) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°73 (Saint Vaast la Hougue). Ed. BRGM.

**Graindor M.J., Roblot M.M., Ronardet M., et al.** (1976) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°93 (Bricquebec). Ed. BRGM.

**Guyader J., PareynC. et Viallefond L.** (1968) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°97 (Le Havre). Ed. BRGM.

**Isambert M. et Coutelle A.** (1989) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°289 (Nogent-le-Rotrou). Ed. BRGM.

**Janjou D., Langevin C., Minoux L., Lautridou J.P.** (1986) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°174 (Vire). Ed. BRGM.

**Juignet P., Lebert A., Le Gall J.** (1984) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°287 (Fresnay-sur-Sarthe). Ed. BRGM.

**Kuntz G. et Monociardini C.** (1985) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°178 (Rugles). Ed. BRGM.

**Kuntz G., Monciardini C. et Verron G.** (1984) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°148 (Bernay). Ed. BRGM.

**Lautridou J.P., Beurrier M., Dadet P., Le Métour J.** (1983) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°247 (Saint-Hilaire-Du-Harcouët). Ed. BRGM.

**L'Homer A., Courbouleix S., Beurrier M., et al.** (1999) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°208 (Baie du Mont Saint Michel). Ed. BRGM.

# Bibliographie

**Lebert A. et Juignet P.**, (1985) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n° 288 (Mamers). Ed. BRGM.

**Lebret P., Ménillet F., Béguin P., Charnet F., Fauconnier D., Gardin S., Koeunigueur J.-C., Monciardini C.** (1996). Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°215 (Verneuil-sur-Avre). Ed. BRGM.

**Maurizot P., Auffret J.P., Baize S., Deroin J.P., Dugué O., Fily G., Le Gall J., Leliepault F., Mazenc B., Pellerin J.** (2000) – Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°119 (Bayeux / Courseulles-sur-mer). Ed. BRGM.

**Ménillet F., Gérard J., Kuntz G., Leturcq T., Pellerin J., Quesnel F.** (1997) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°213 (Sées). Ed. BRGM.

**Ménillet F., Kuntz G., Gonzales G., Rioult M., Havliček P., et Lebret P.** (1994) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°177 (Vimoutiers). Ed. BRGM.

**Ménillet F., Gérard J., Le Gall J., Doré F., Callier L., Kuntz G., Rioult M., Pellerin J.** (1989) - Carte géologique France au 1/50 000, feuille n°212 (Argentan). Ed. BRGM.

**Ménillet F., Villey M., Trautmann F., et al.** (1987) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°210 (Mortain). Ed. BRGM.

**Moguedet G. et al.** (2000) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°252 (Mortagne-au-Perche). Ed. BRGM.

**Pareyn C., Ambonguilat A., Perrimon M. et Panetier J.** (1970) - Carte géologique de la France au 1/50 000, feuille n°121 (Lisieux). Ed. BRGM.

**Poncet J., Doré F., Robardet M., Hommeril P.** (1977) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°116 (La Haye du Puits). Ed. BRGM.

**Trautmann F., Janjou D., Langevin C., Minoux L.** (1987) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°173 (Villedieu-les-Poêles). Ed. BRGM.

**Vernhet Y., Chèvremont P.** (1997) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°248 (Landivy). Ed. BRGM.

**Vernhet Y., Hervy V., Lerouge G., Besombes J.C.** (2000) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°144 (Torigny sur Vire). Ed. BRGM.

**Vernhet Y., Pareyn C., Villey M., et al.** (1999) – Carte géologique au 1/50 000, feuille n°118 (Balleroy). Ed. BRGM.

**Vernhet Y., Dhellemmes R., Doré F., Enouf C., Lautridou J.-P. et Verron G.** (1996) - Carte géologique France au 1/50 000, feuille n°249 (Domfront). Ed. BRGM.

# Documents graphiques

## Avertissement

Les données cartographiques présentées dans ce document ont été établies à la date de décembre 2012. Il est nécessaire de se reporter aux données les plus récentes lors de toute demande d'exploitation, notamment pour les données environnementales. Ces dernières sont principalement disponibles sur le site internet de la DREAL Basse-Normandie.

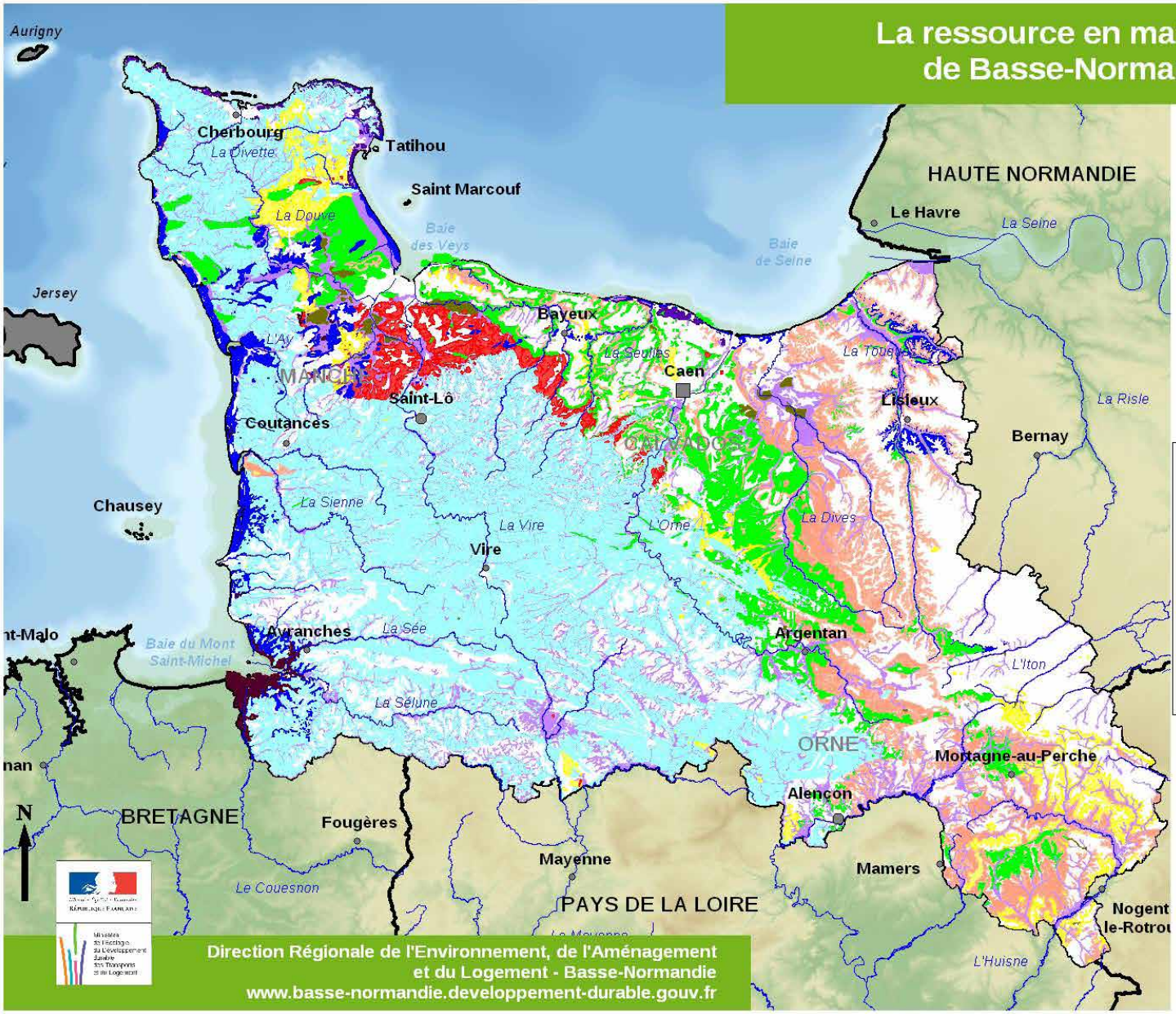
Les données cartographiques présentées ne sont utilisables qu'à l'échelle à laquelle elles sont diffusées. L'examen au cas par cas lors d'une demande d'exploitation permettra, au travers de l'étude d'impact, de préciser les limites de chacune des données environnementales (contours des périmètres …).

En ce qui concerne les cartographies des enjeux, un certain nombre de données n'ont pas été représentées alors qu'elles figurent dans les données environnementales identifiées dans les schémas des carrières bas-normands. **Ces thématiques non cartographiées sont bien des zones à enjeu devant être prises en compte lors de toute demande d'exploitation.**
Sont notamment concernées :

- **Cartes de niveau 1** : ces cartes ne reprennent pas les PPI, PPR, lit mineur des rivières, zones de mobilité, frayères, RBI
- **Cartes de niveau 2** : ces cartes ne reprennent pas les PPE, ZSCE, ZHIEP, ZHSGE, lits majeurs des rivières, arrêtés de protection de l'habitat, zones de préemption du CELRL, EBC, APG, ZIG, ZAP, AVAP, sites archéologiques. Par ailleurs, les zones humides n'ont pas été intégrées dans ces cartes car elles représentent une surface importante qui aurait masqué les autres informations.
- **Cartes de niveau 3** : ces cartes ne reprennent pas les AAC, les zones de préemption des ENS, RCFS, AOC, AOP Par ailleurs, les remontées de nappe et les ZRE n'ont pas été intégrées dans cette carte car elles représentent une surface importante qui aurait masqué les autres informations.

Ainsi les cartes départementales présentant les zones sans enjeu environnemental défini dans les schémas des carrières sont à utiliser avec prudence. En effet, elles sont le « négatif » de la superposition des cartes des niveaux 1, 2 et 3 avec les réserves de cartographie précisées ci-dessus. Parmi les thématiques non cartographiées au niveau des enjeux, seules les zones humides ont été reprises en plus pour élaborer les cartes en « négatif ».

# La ressource en matériaux de Basse-Normandie

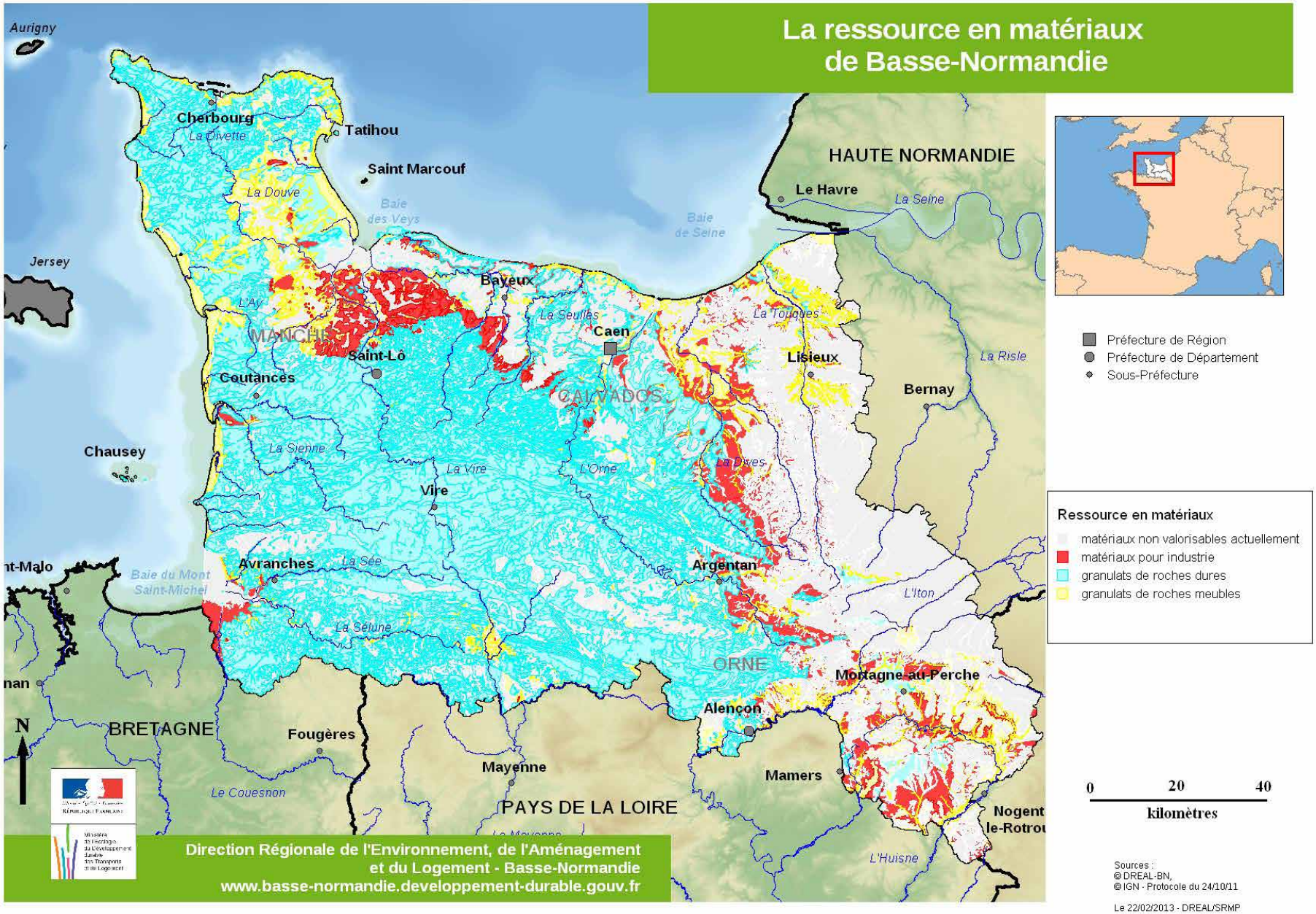


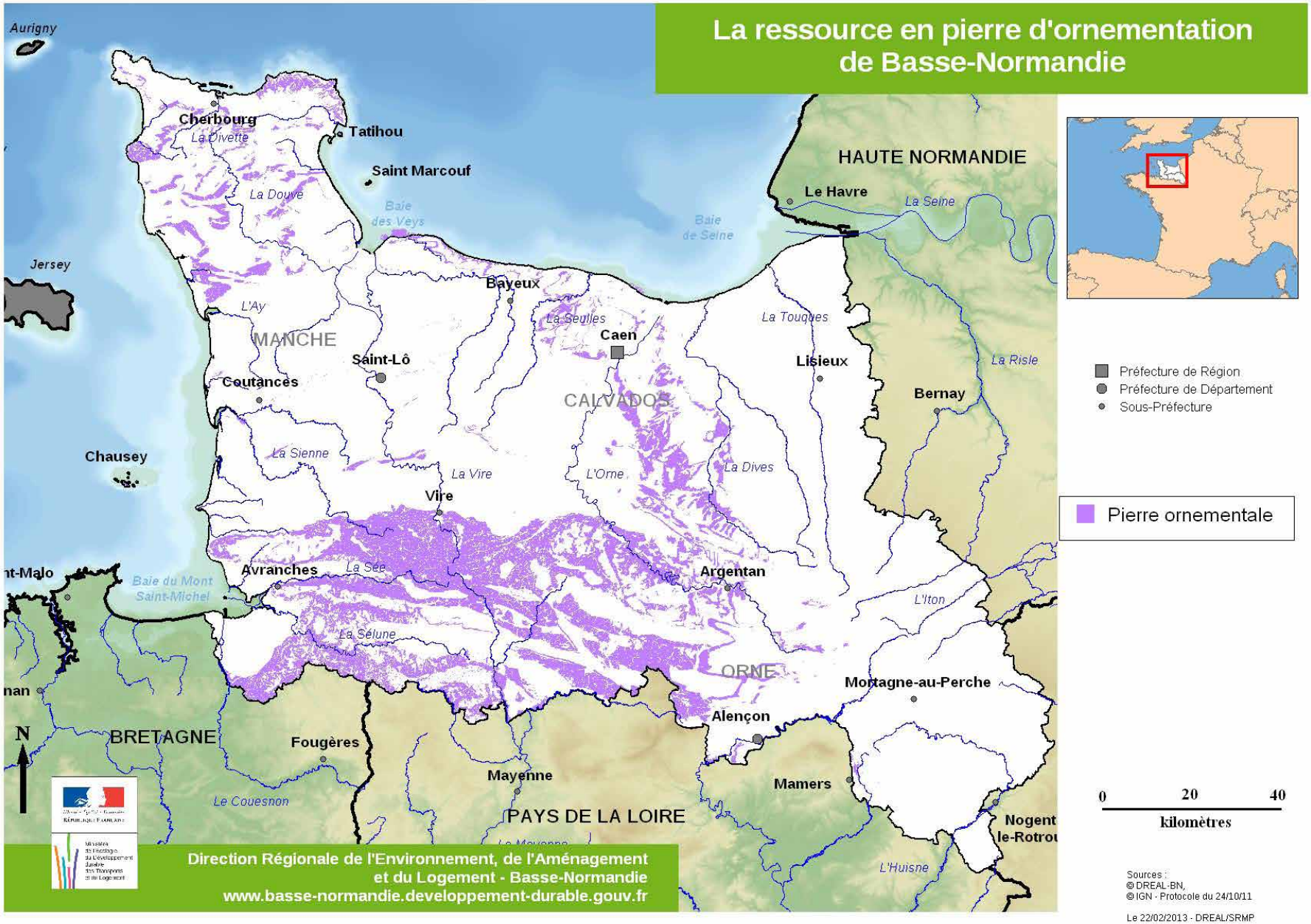

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

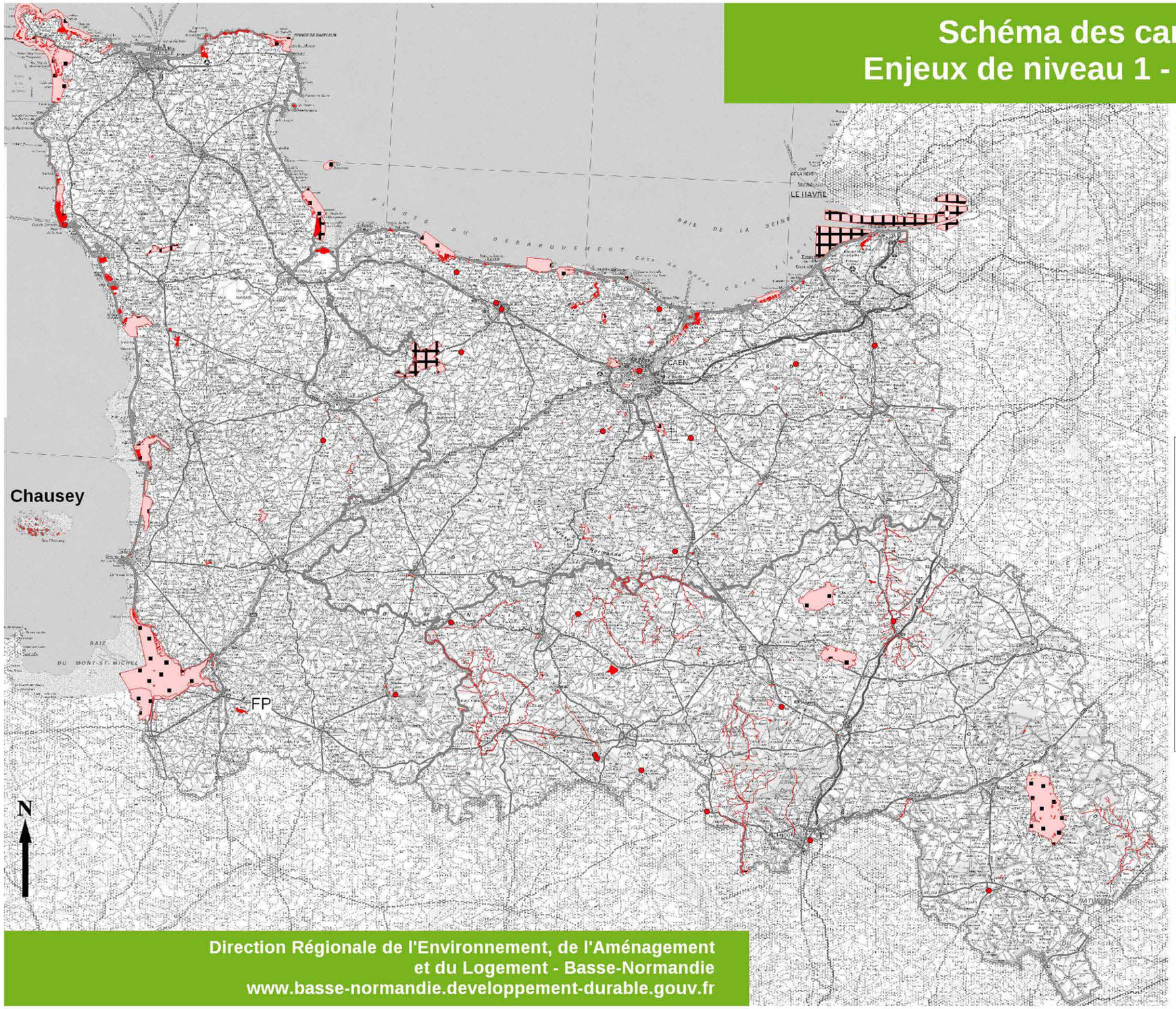
Le 22/02/2013 - DREAL/SRMP

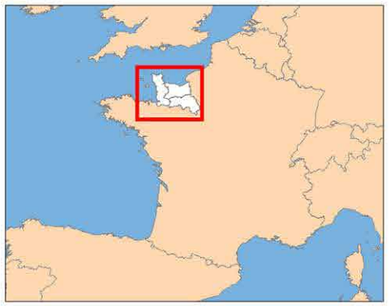
# La ressource en matériaux de Basse-Normandie




La ressource en pierre d'ornementation de Basse-Normandie
Aurigny
Cherbourg
La Divette
Tatihou
Saint Marcouf
La Douve
Baie des Veys
Baie de Seine
HAUTE NORMANDIE
Le Havre
La Seine
Jersey
Bayeux
L'Ay
La Seulles
La Touques
MANCHE
Caen
Saint-Lô
Lisieux
La Risle
Coutances
CALVADOS
Bernay
Chausey
La Sienne
La Vire
L'Orne
La Dives
Vire
Préfecture de Région
Préfecture de Département
Sous-Préfecture
Pierre ornementale
Avranches
La Sée
Baie du Mont Saint-Michel
Argentan
L'Iton
La Sélune
ORNE
Mortagne-au-Perche
Alençon
BRETAGNE
Fougères
Mayenne
Mamers
Le Couesnon
PAYS DE LA LOIRE
Nogent le-Rotrou
L'Huisne
N
0
20
40
kilomètres
Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11
Le 22/02/2013 - DREAL/SRMP

# Schéma des carrières
# Enjeux de niveau 1 - interdiction



réserve naturelle nationale

FP forêt de protection

Arrêté de protection de biotope

Sites classés

Site classé ponctuel

0 20 40
kilomètres

Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux de niveau 1 - interdiction



réserve naturelle nationale

FP forêt de protection

Arrêté de protection de biotope

Sites classés

Site classé ponctuel

0 20

kilomètres

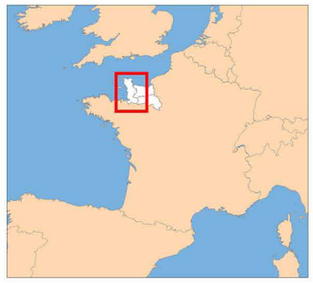
N

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

# Schéma des carrières
# Enjeux de niveau 1 - interdiction



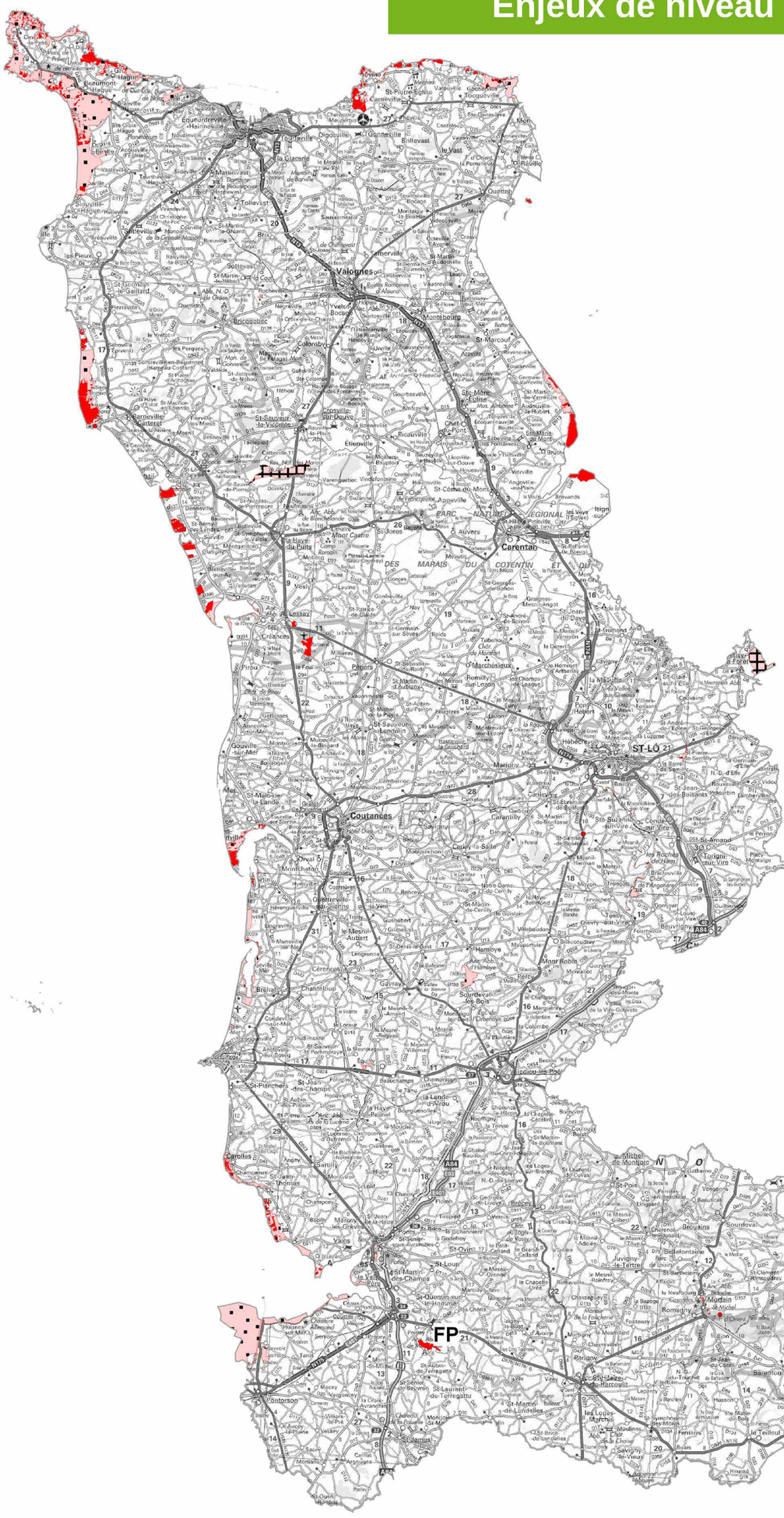
réserve naturelle nationale

FP forêt de protection

Arrêté de protection de biotope

Sites classés

Site classé ponctuel




N

0 15

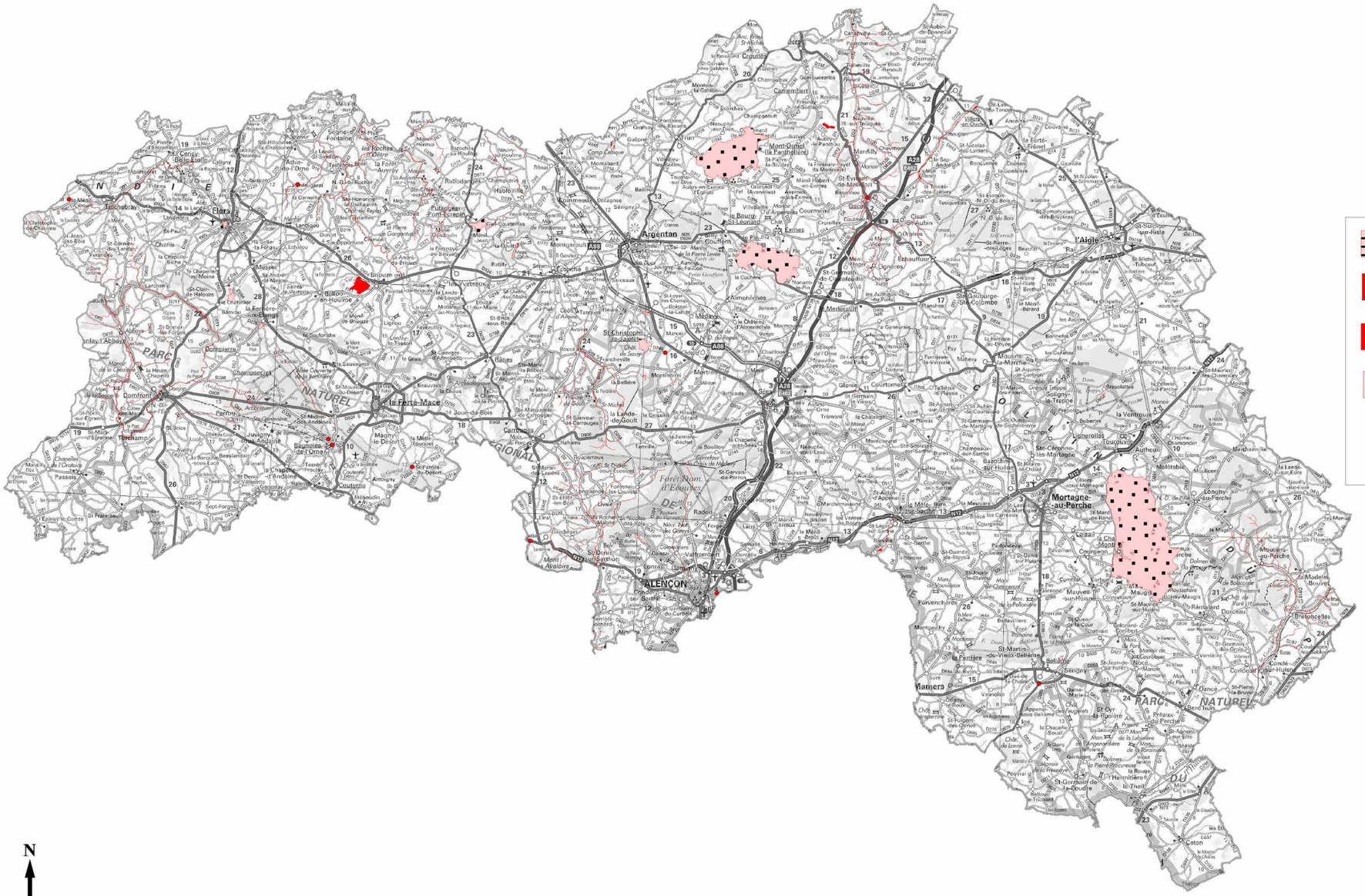
kilomètres

Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux de niveau 1 - interdiction






réserve naturelle nationale

FP forêt de protection

Arrêté de protection de biotope

Sites classés

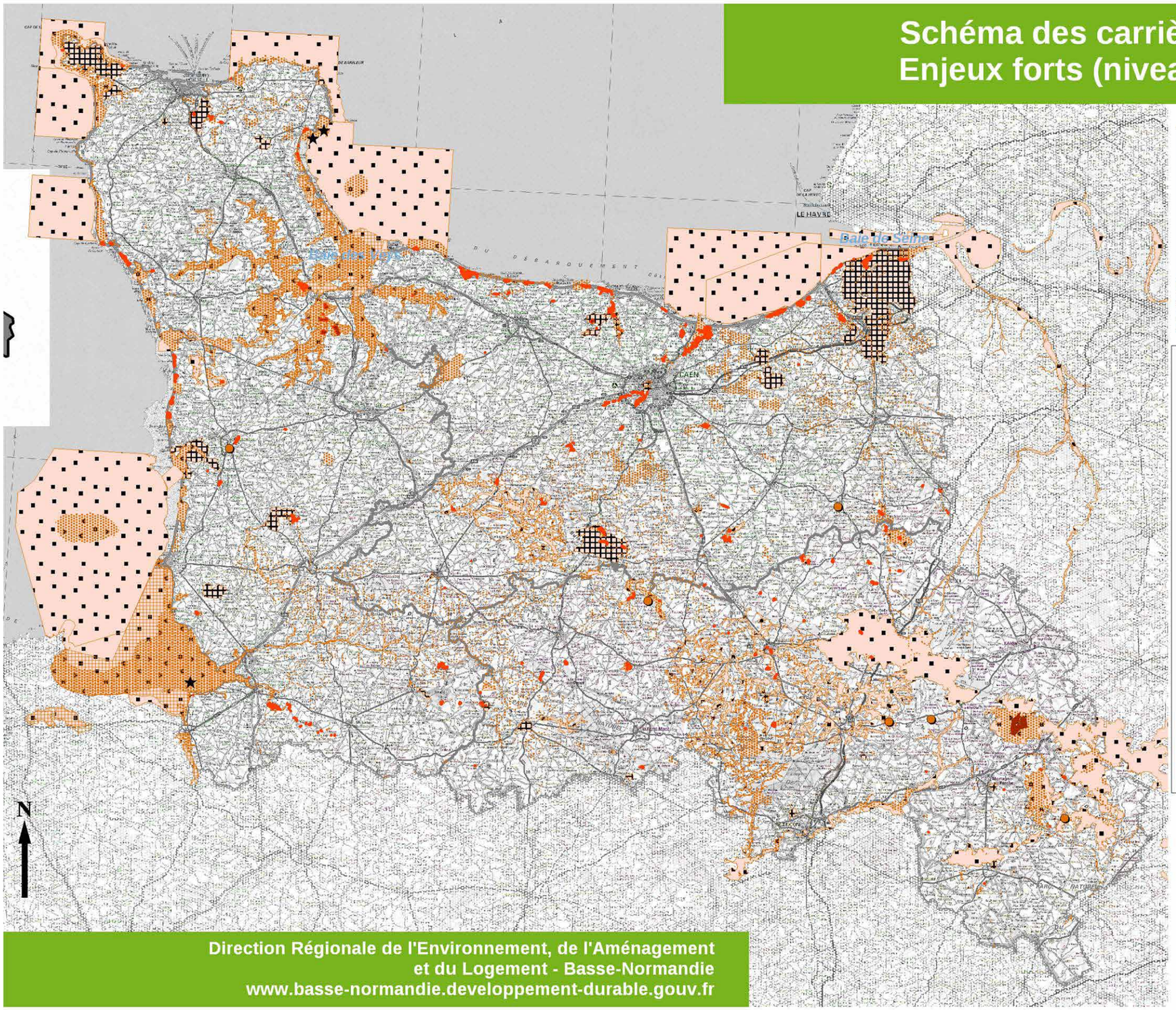
Site classé ponctuel

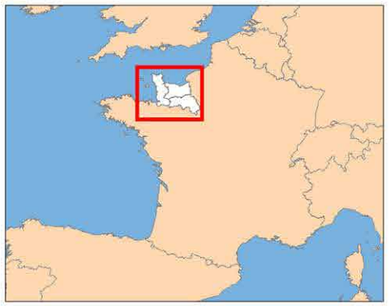
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux forts (niveau 2)



ENS et CFEN

ZNIEFF de type 1

site inscrit

site inscrit ponctuel

Natura 2000
(SIC, ZSC, ZPS)

réserve naturelle régionale

Ramsar

site UNESCO

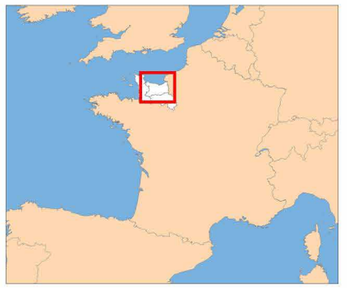
0 20 40
kilomètres

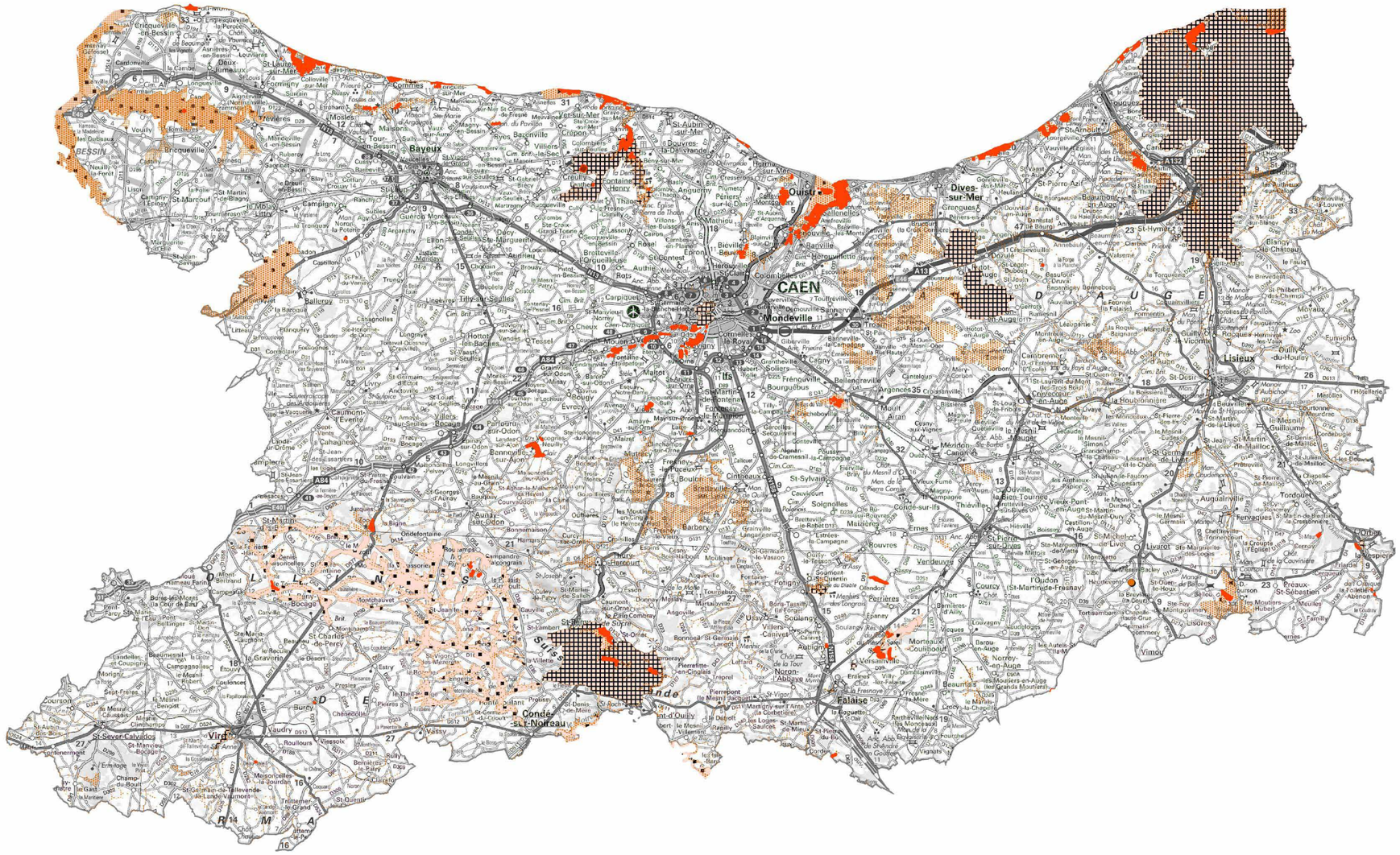
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux forts (niveau 2)






ENS et CFEN

ZNIEFF de type 1

site inscrit

site inscrit ponctuel

Natura 2000
(SIC, ZSC, ZPS)

réserve naturelle régionale

Ramsar

★ site UNESCO

0 20

kilomètres

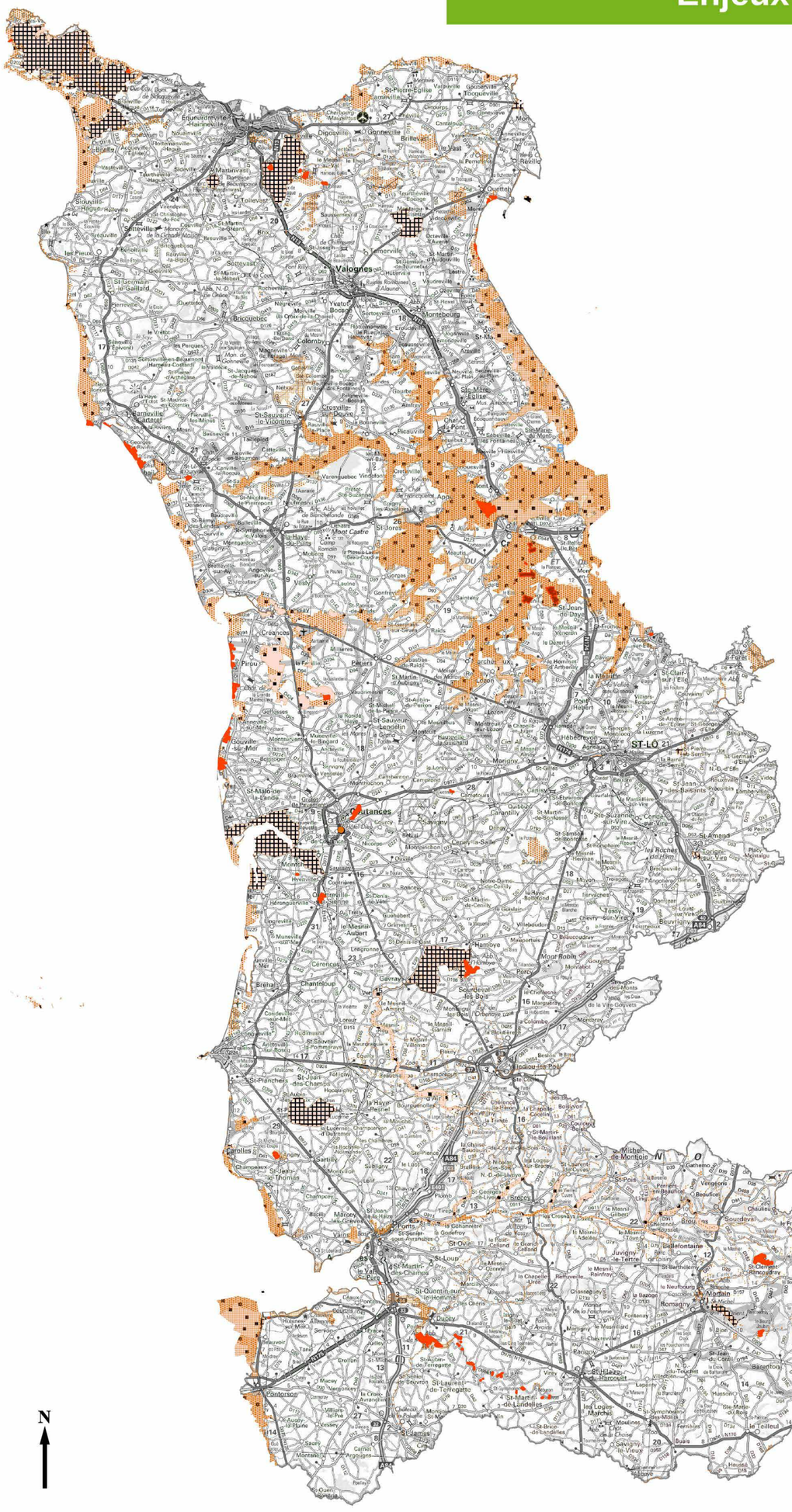
N

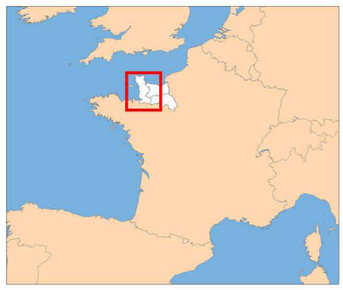
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux forts (niveau 2)



ENS et CFEN

ZNIEFF de type 1

site inscrit

site inscrit ponctuel

Natura 2000
(SIC, ZSC, ZPS)

réserve naturelle régionale

Ramsar

★ site UNESCO

N

0 15

kilomètres

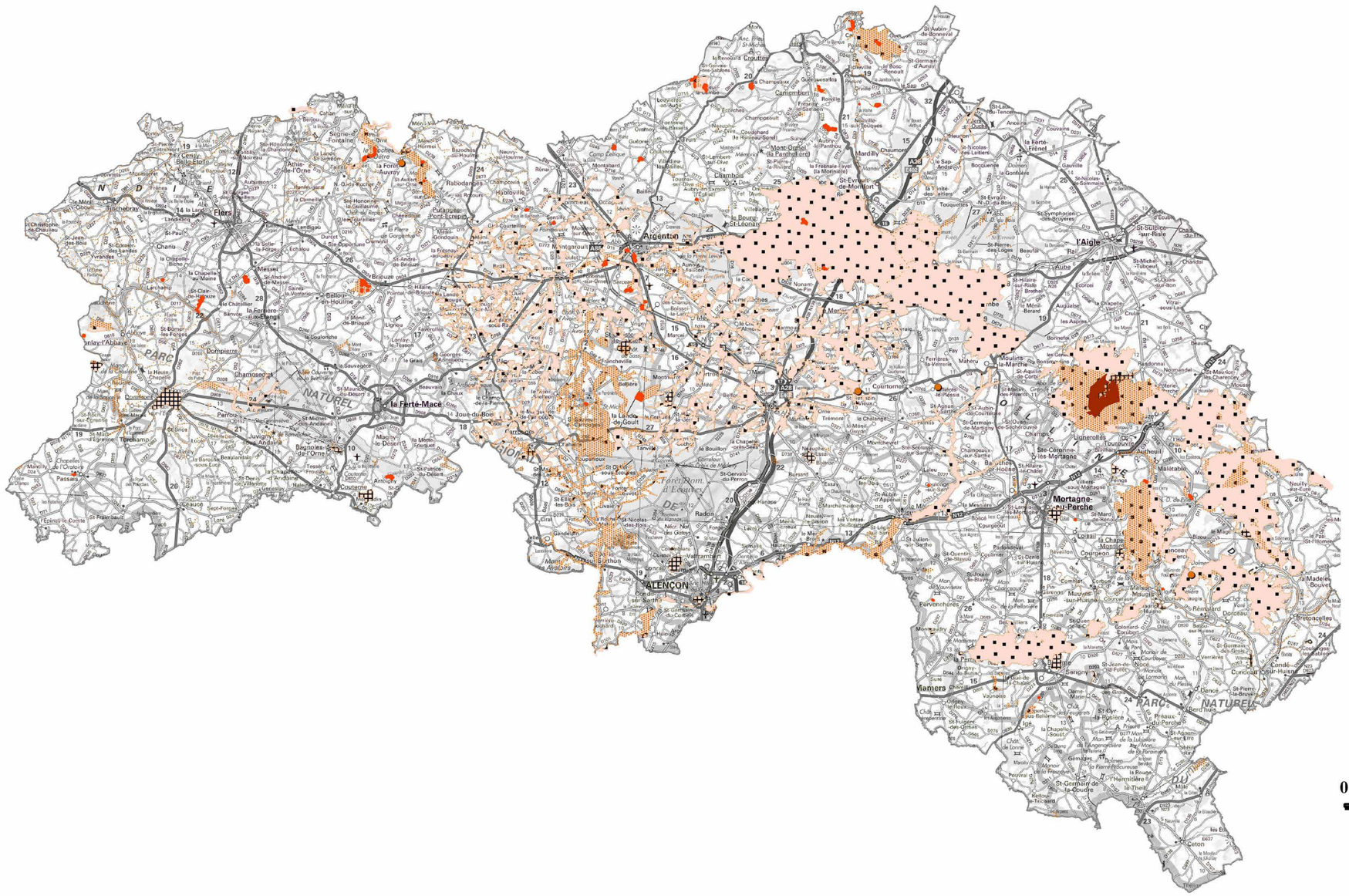
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux forts (niveau 2)






ENS et CFEN

ZNIEFF de type 1

site inscrit

site inscrit ponctuel

Natura 2000
(SIC, ZSC, ZPS)

réserve naturelle régionale

Ramsar

★ site UNESCO

0 25

kilomètres

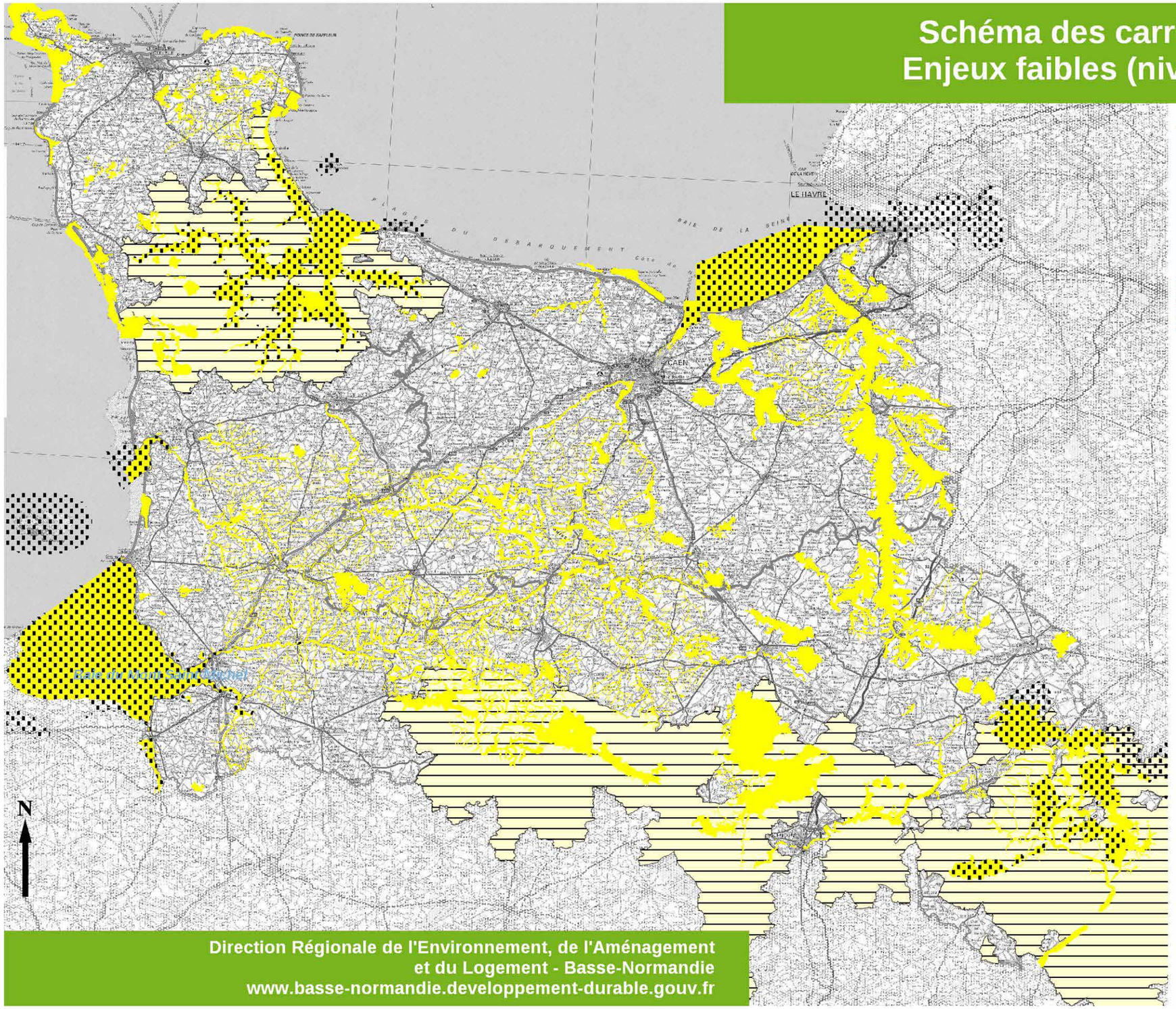
N

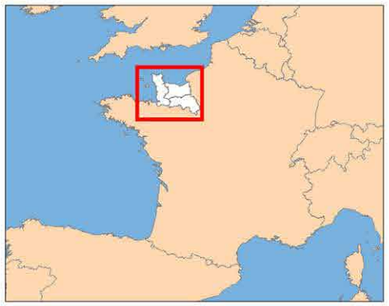
Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

# Schéma des carrières
# Enjeux faibles (niveau 3)



ZICO

ZNIEFF de type 2

PNR

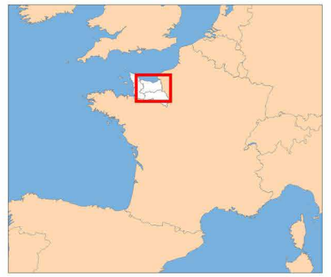
0 20 40
kilomètres

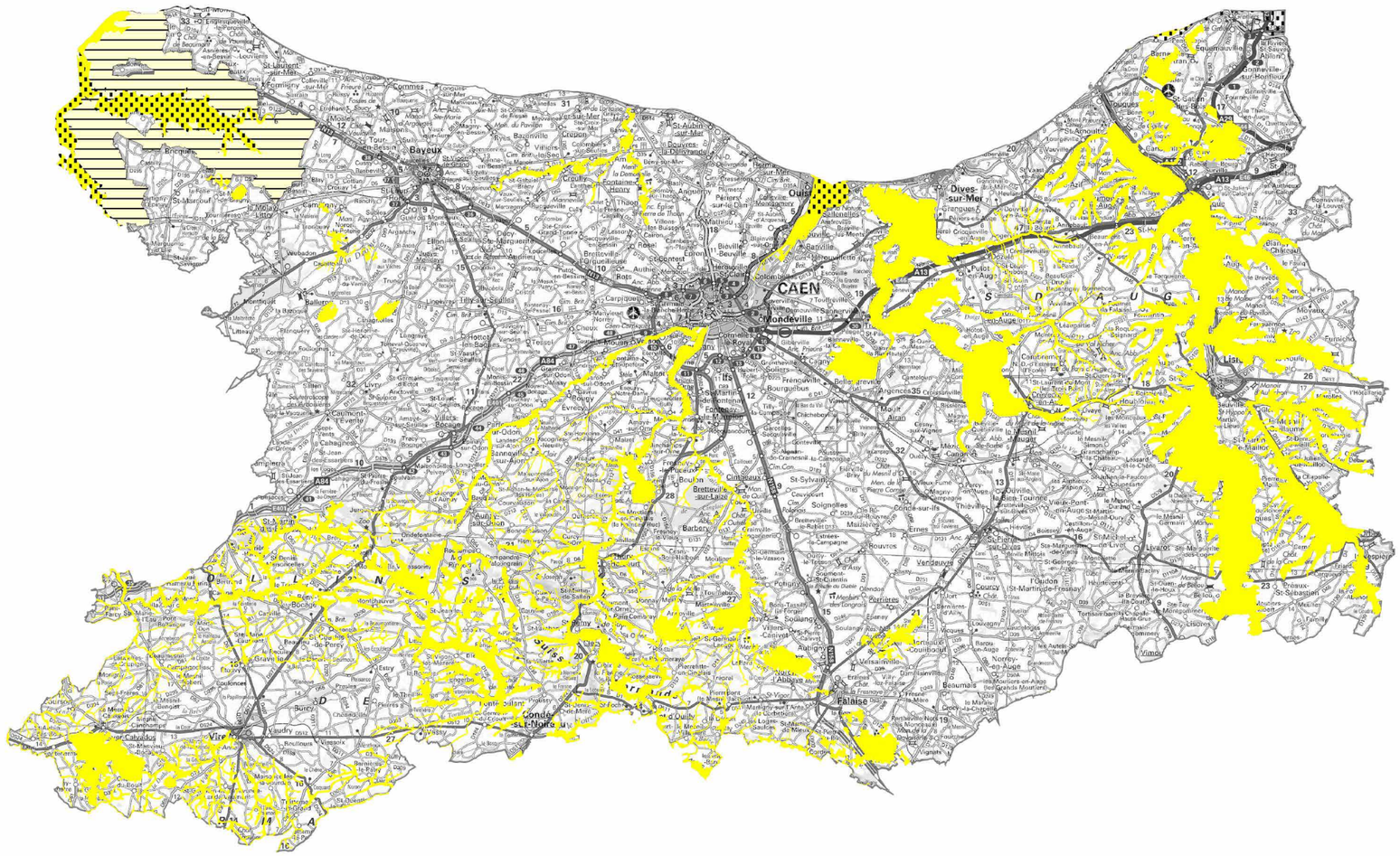
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

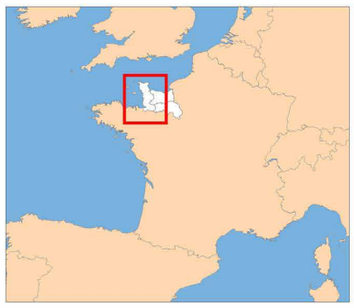
Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux faibles (niveau 3)




CAEN
Bayeux
Lisieux
Falaise
Vire
Dives-sur-Mer
Condé-sur-Noireau
Mondeville
Hérouville-Saint-Clair
Ouistreham
Caumont-l'Éventé
Thury-Harcourt
Tilly-sur-Seulles
Trévières
Isigny-sur-Mer
Grandcamp-Maisy
Port-en-Bessin-Huppain
Courseulles-sur-Mer
Creully
Villers-Bocage
Aunay-sur-Odon
Évrecy
Ifs
Colombelles
Blainville-sur-Orne
Cabourg
Houlgate
Deauville
Trouville-sur-Mer
Honfleur
Pont-l'Évêque
Pont-Audemer
Beuzeville
Bernay
Lisieux
Orbec
Livarot
Vimoutiers
Argentan
Exmes
Mortagne-au-Perche
Moulins-la-Marche
Gacé
Le Merlerault
Sées
Carrouges
Alençon
Flers
Domfront
Tinchebray
Briouze
Athis-de-l'Orne
Putanges-Pont-Écrepin
Trun
Vimoutiers
Orbec
Lisieux
Pont-l'Évêque
Honfleur
Pont-Audemer
Beuzeville
Bernay
Brionne
Le Neubourg
Gisors
Étrépagny
Les Andelys
Vernon
Gaillon
Pacy-sur-Eure
Évreux
Conches-en-Ouche
Verneuil-sur-Avre
Dreux
Nonancourt
Saint-André-de-l'Eure
Louviers
Gaillon
Vernon
Les Andelys
Étrépagny
Gisors
Le Neubourg
Brionne
Bernay
Pont-Audemer
Beuzeville
Honfleur
Pont-l'Évêque
Lisieux
Orbec
Livarot
Vimoutiers
Trun
Argentan
Exmes
Mortagne-au-Perche
Moulins-la-Marche
Gacé
Le Merlerault
Sées
Carrouges
Alençon
Flers
Domfront
Tinchebray
Briouze
Athis-de-l'Orne
Putanges-Pont-Écrepin
Falaise
Condé-sur-Noireau
Vire
Aunay-sur-Odon
Villers-Bocage
Caumont-l'Éventé
Thury-Harcourt
Tilly-sur-Seulles
Trévières
Isigny-sur-Mer
Grandcamp-Maisy
Port-en-Bessin-Huppain
Courseulles-sur-Mer
Creully
Ouistreham
Colombelles
Mondeville
Hérouville-Saint-Clair
Blainville-sur-Orne
Cabourg
Houlgate
Deauville
Trouville-sur-Mer
Évrecy
Ifs
Bretteville-sur-Laize

# Schéma des carrières
# Enjeux faibles (niveau 3)



ZICO

ZNIEFF de type 2

PNR

0 15

kilomètres

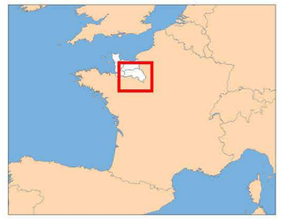
N

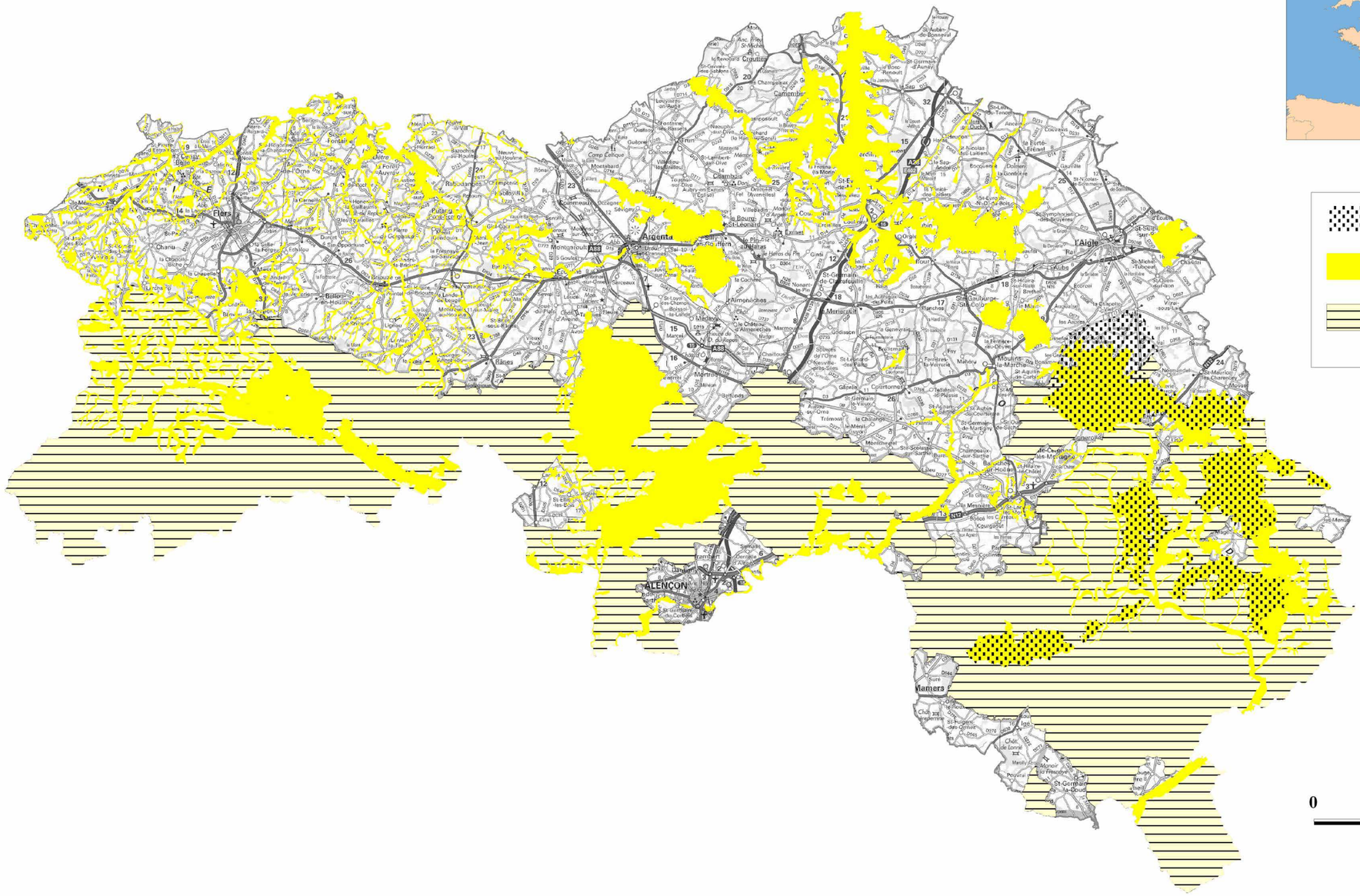
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

# Schéma des carrières
# Enjeux faibles (niveau 3)

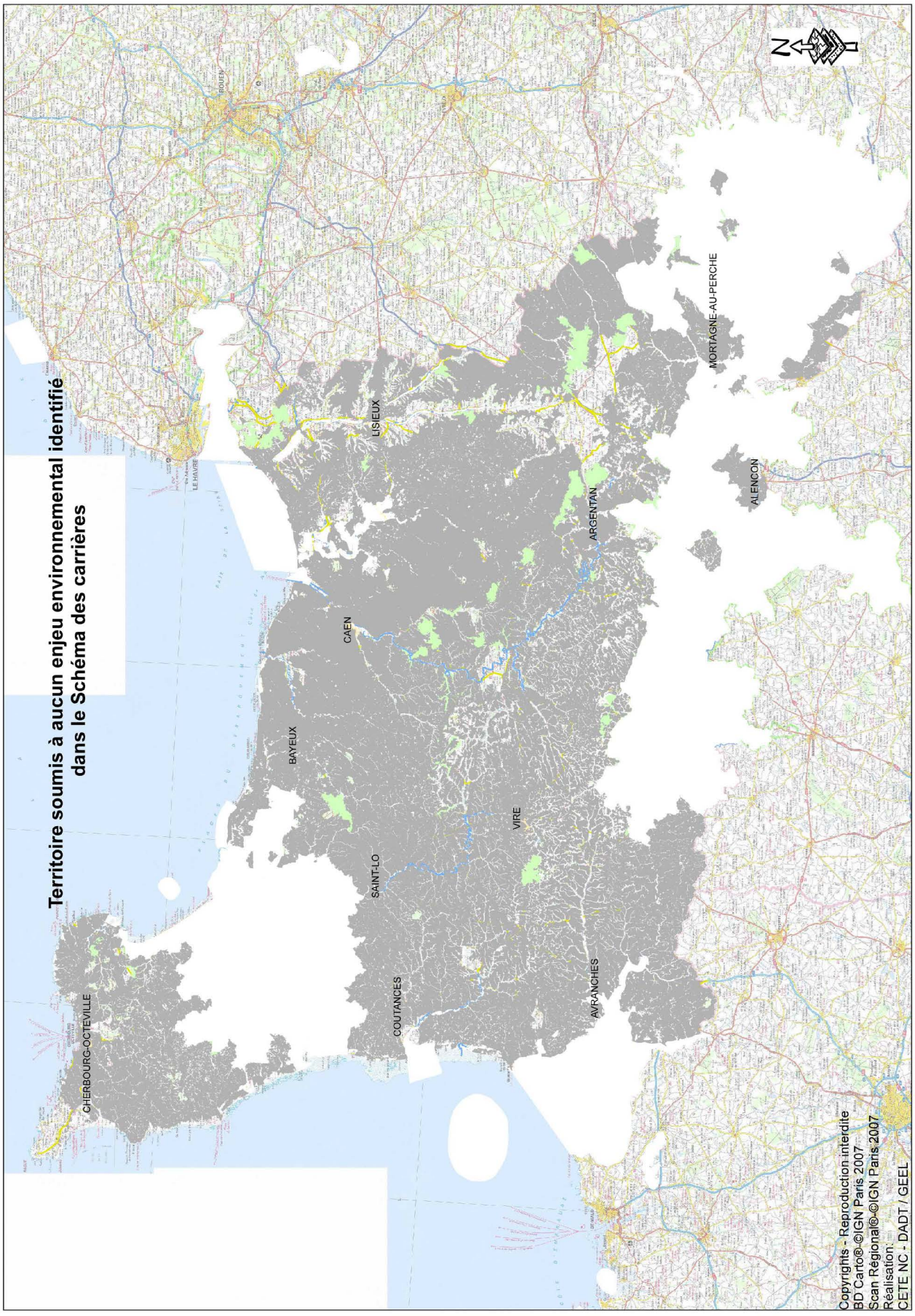


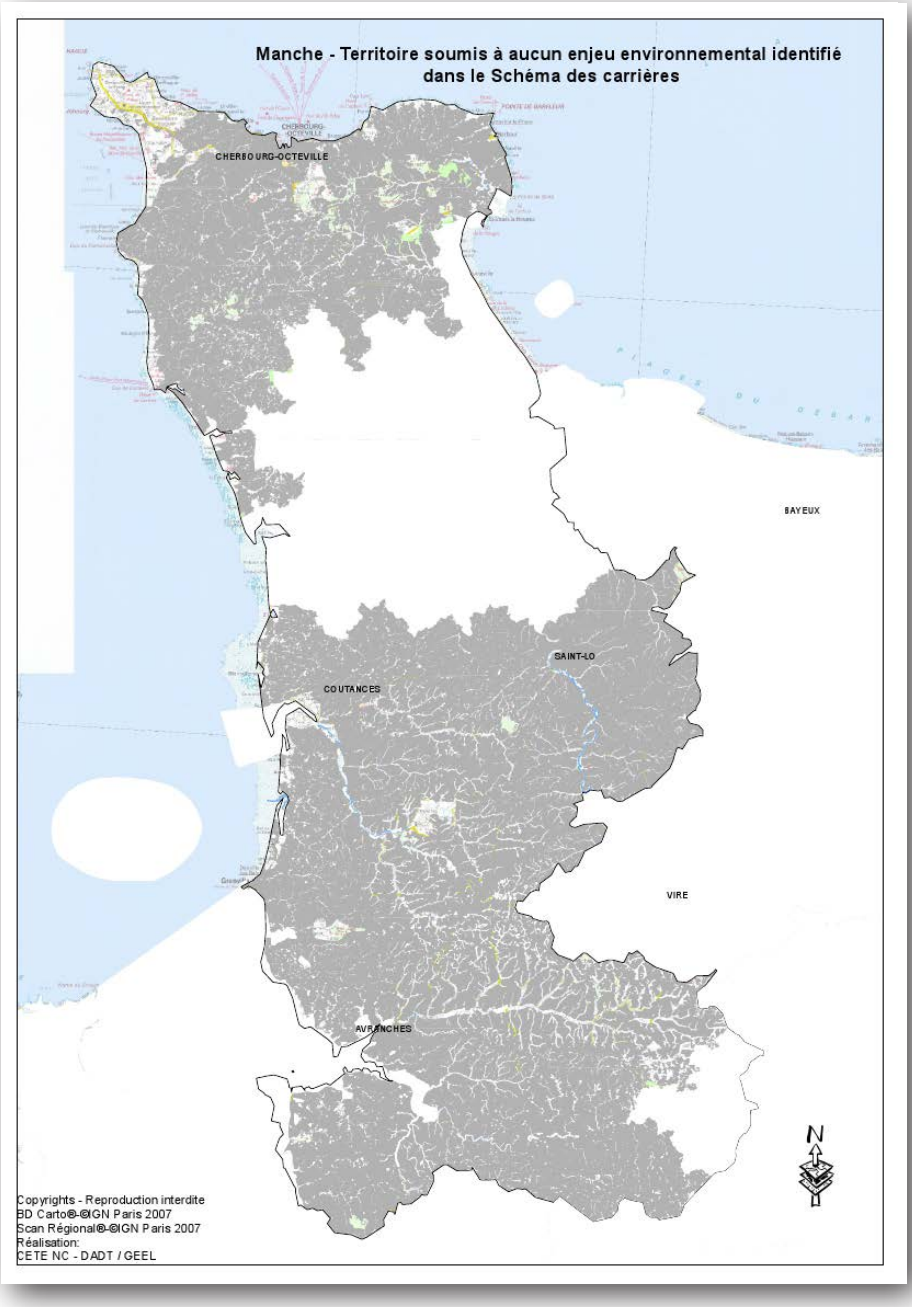


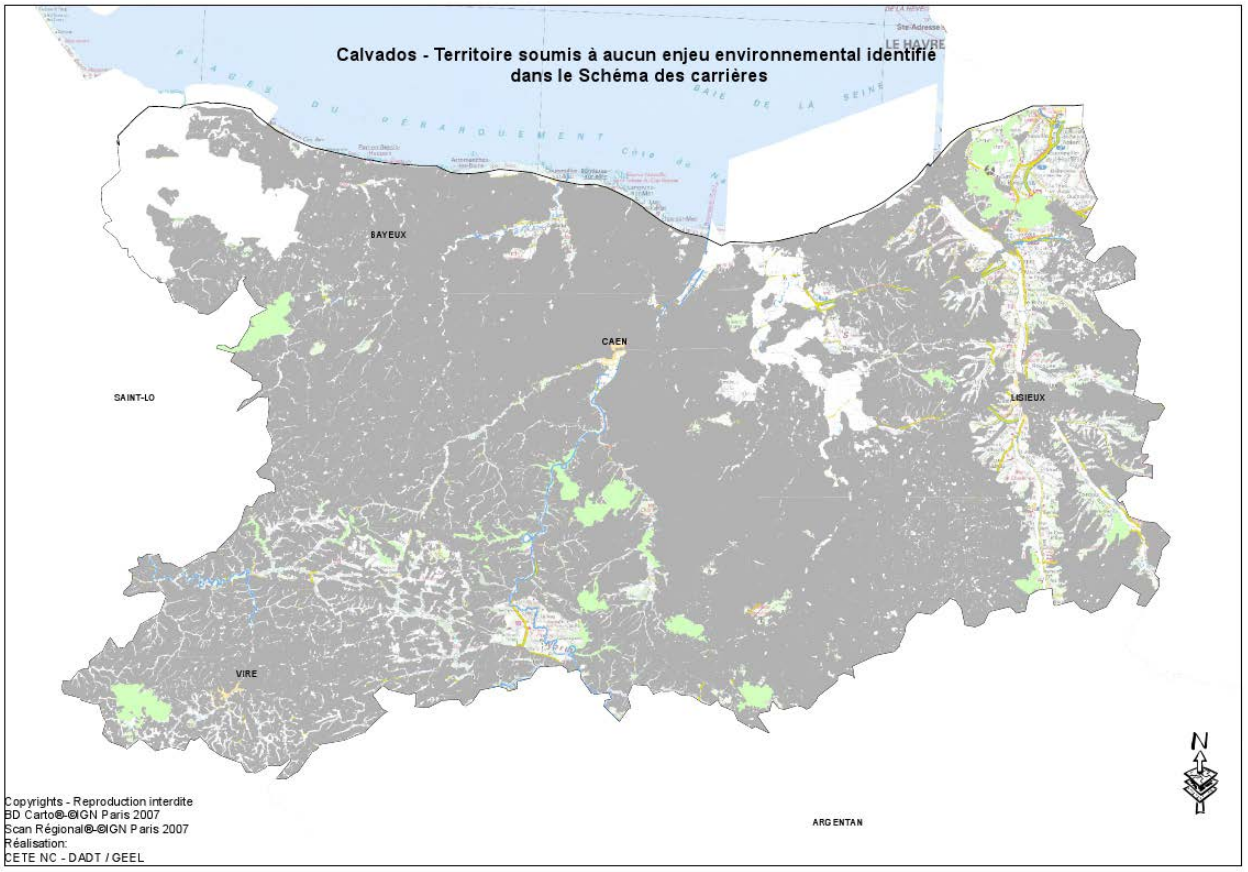

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement
et du Logement - Basse-Normandie
www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

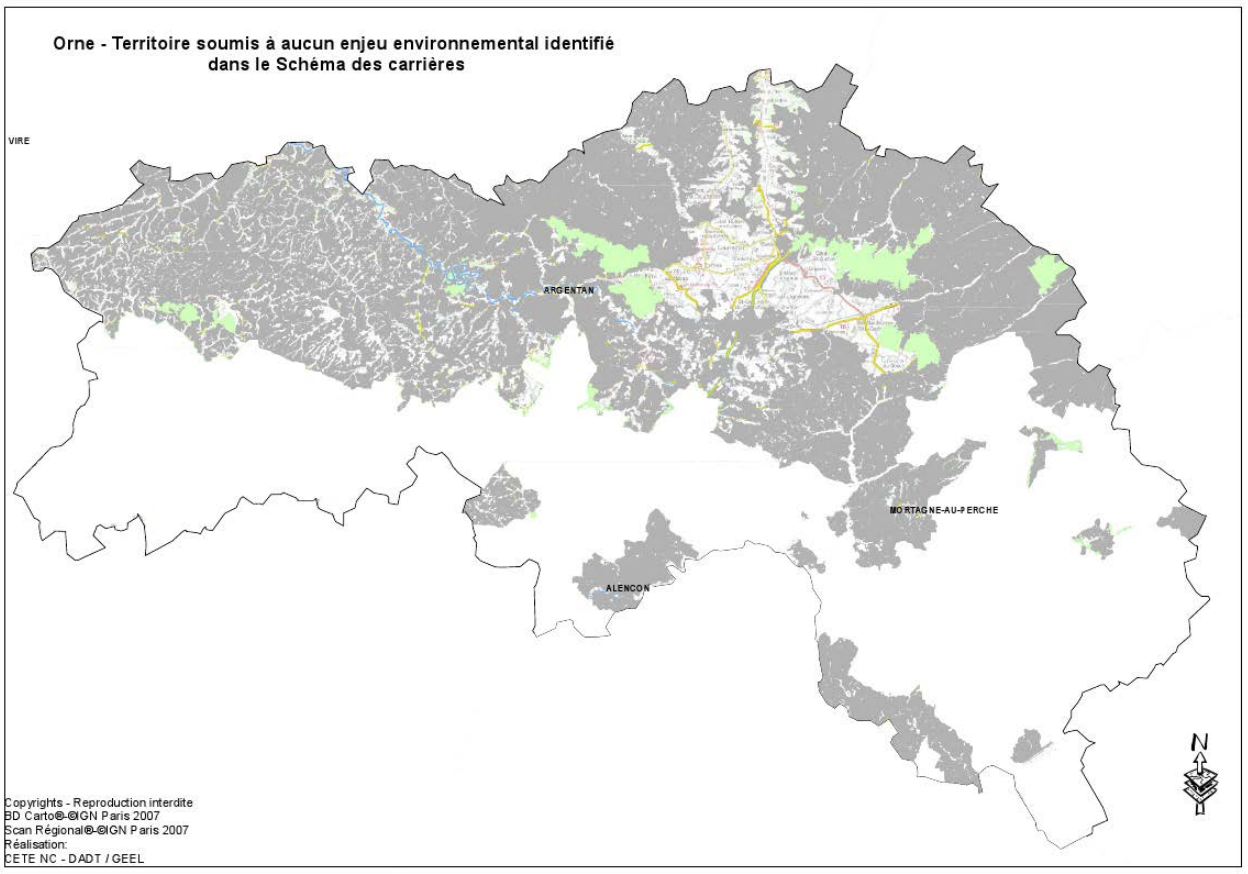
Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11

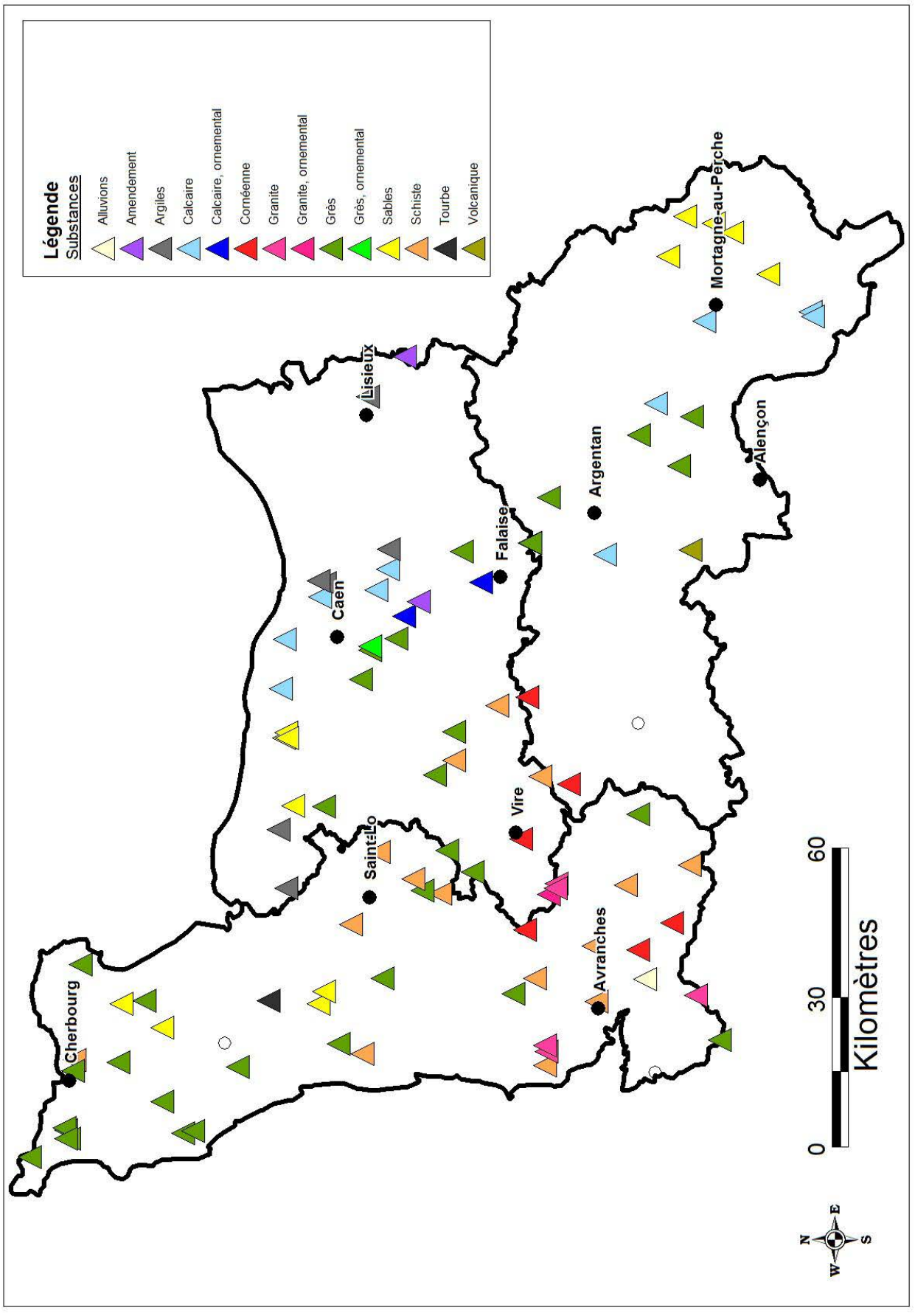
Le 14/04/2014 - DREAL/SRMP


Territoire soumis à aucun enjeu environnemental identifié
dans le Schéma des carrières
CHERBOURG-OCTEVILLE
COUTANCES
SAINT-LO
BAYEUX
CAEN
VIRE
AVRANCHES
LISIEUX
ARGENTAN
MORTAGNE-AU-PERCHE
ALENCON
LE HAVRE
N
Copyrights - Reproduction interdite
BD Carto®-©IGN Paris 2007
Scan Régional®-©IGN Paris 2007
Réalisation:
CETE NC - DADT / GEEL


Manche - Territoire soumis à aucun enjeu environnemental identifié
dans le Schéma des carrières
CHERBOURG-OCTEVILLE
BAYEUX
SAINT-LO
COUTANCES
VIRE
AVRANCHES
N
Copyrights - Reproduction interdite
BD Carto®-©IGN Paris 2007
Scan Régional®-©IGN Paris 2007
Réalisation:
CETE NC - DADT / GEEL


Calvados - Territoire soumis à aucun enjeu environnemental identifié
dans le Schéma des carrières
LE HAVRE
BAYEUX
CAEN
SAINT-LO
LISIEUX
VIRE
ARGENTAN
N
Copyrights - Reproduction interdite
BD Carto®-©IGN Paris 2007
Scan Régional®-©IGN Paris 2007
Réalisation:
CETE NC - DADT / GEEL


Orne - Territoire soumis à aucun enjeu environnemental identifié
dans le Schéma des carrières
VIRE
ARGENTAN
MORTAGNE-AU-PERCHE
ALENCON
N
Copyrights - Reproduction interdite
BD Carto®-©IGN Paris 2007
Scan Régional®-©IGN Paris 2007
Réalisation:
CETE NC - DADT / GEEL


Légende
Substances
Alluvions
Amendement
Argiles
Calcaire
Calcaire, ornemental
Cornéenne
Granite
Granite, ornemental
Grès
Grès, ornemental
Sables
Schiste
Tourbe
Volcanique
Cherbourg
Lisieux
Caen
Saint-Lo
Falaise
Vire
Argentan
Avranches
Mortagne-au-Perche
Alençon
0
30
60
Kilomètres
N
E
S
W

DREAL Basse-Normandie
Service Ressources Environnementales (SRE)
10 boulevard du général Vanier
CS 60040
14006 Caen cedex

www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

Coordination, rédaction : DREAL / SRE
Conception graphique : DREAL / Pôle communication, Fabrice THEREZE