

UNE APPROCHE ORIGINALE DE CHOIX ET DE DÉVELOPPEMENT D'OUTILS D'AIDE AUX DÉCISIONS EN ENTRETIEN D'HIVER

Jean-Jacques Roussel* et Jean Tanguay**

*Ministère de l'Équipement, des Transports et du
Logement - France actuellement mis à la disposition
du ministère des Transports du Québec.
700, René-Lévesque Est Québec (Québec) G1R 5H1
Tél : 1-418-646-5455/Télec. : 1 418-644-6963
Courriel : jjroussel@mtq.gouv.qc.ca

**Ministère des Transports du Québec
Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures
700, René-Lévesque Est Québec (Québec) G1R 5H1
Tél : 1-418-646-4015 /Télec. : 1-418-644-6963
Courriel : jtanguay@mtq.gouv.qc.ca

1. Résumé

Il y a trois ans, le ministère des Transports du Québec avait décidé de déployer un réseau de stations météorologiques à la grandeur des 30 000 km de son réseau routier provincial. La problématique était multiple : choix des technologies, réalités géographiques, support industriel, implication des entrepreneurs en déneigement, efforts d'accompagnement à assurer. Aidée d'un expert français, la Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures du ministère des Transports a mis au point une approche originale.

Amorcée par une analyse des besoins réels des décideurs opérationnels, cette approche vise l'optimisation d'un ensemble d'outils d'aide aux décisions. Cinq activités ont été ordonnancées et proposées aux opérationnels de deux directions territoriales pilotes. Un instrument de mesure des améliorations apportées, basé sur la perception de la confiance des décideurs opérationnels, a été mis au point.

Après une année de projet-pilote, de nombreux enseignements peuvent déjà être tirés dans chacune des cinq activités:

- **en matière d'organisation** : la pression ressentie par les décideurs opérationnels est considérable et il est vain d'espérer des gains significatifs si un traitement des irritants majeurs n'est pas réalisé;
- **en matière de formation** : une approche météorologique de la décision bouleverse la culture routière pragmatique des décideurs opérationnels. Les efforts de formation à réaliser sont très importants et doivent être élargis aux opérateurs des matériels d'entretien d'hiver;
- **en matière de prévision météorologique** : les efforts pour rapprocher ces deux cultures (météorologie et entretien hivernal) très différentes sont vraiment rentables. De nouveaux concepts (zonage climatique, point représentatif, types de temps et indice de confiance) améliorent grandement la confiance que les décideurs opérationnels ont dans la prévision météorologique;
- **en matière de stations météorologiques mobiles** : le choix de développer les technologies de mesures installées sur les véhicules de patrouille (actuellement température de l'air, humidité relative et température du point de rosée, température de la surface de roulement et recherche pour une mesure d'adhérence et de salinité résiduelle) se révèle excellent. Ce choix facilite l'appropriation des nouveaux concepts et une nouvelle lecture de la route par les patrouilleurs;
- **en matière de stations météorologiques fixes** : aucune décision de déployer des stations fixes sur le territoire pilote n'a encore été prise. Les opérationnels ne se sentent pas prêts à intégrer ces technologies dans leur processus de décision. Leurs limites spatiales freinent leur envie de les déployer.

Le projet va se poursuivre en 2001/2002 et nous estimons qu'il pourrait constituer une approche méthodologique intéressante pour les pays qui n'ont encore de réseau de stations météorologiques fixes.

2. Introduction

Vouloir déployer un réseau de stations météorologiques à l'échelle d'un grand territoire soumis à de très fortes contraintes hivernales comme le Québec est une véritable gageure. Au-delà des défis technologiques, financiers et humains, il y a un défi de type « logique ». Tous les pays qui ont réalisé ce type de déploiement se sont posés les questions classiques : quels capteurs installer, où les implanter, combien déployer de stations pour une bonne couverture des risques, quel réseau de communication utiliser, comment optimiser le traitement des informations issues des stations?

Le Québec s'est confronté à une question plus fondamentale : un réseau de stations météorologiques permet-il de répondre, de manière optimale, à l'ensemble des besoins? Le ministère des Transports du Québec a entrepris une démarche méthodologique et scientifique pour approcher plus globalement la problématique du dimensionnement de l'aide aux décisions en entretien d'hiver. Il a été appuyé dans cette démarche par un expert français mis à sa disposition par le ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.

Les situations hivernales souvent délicates et l'importance du trafic ont conduit la France à développer une large expertise en météorologie hivernale. Elle est le seul pays à disposer d'une procédure complète d'homologation des stations météorologiques. Elle dispose d'une solide base en formation de météorologie hivernale.

Par contre, le Québec a acquis une rigueur opérationnelle à la hauteur de la rigueur de ses hivers. Il est aujourd'hui un terrain idéal pour s'ouvrir aux technologies d'aide aux décisions bien que les structures d'appui technique et industrielle soient encore peu développées.

De cette complémentarité a résulté une approche assez novatrice que nous allons vous présenter.

Cette approche pourrait intéresser d'autres pays qui n'ont pas encore fait le grand saut d'un réseau généralisé de stations météorologiques.

3. Importance du problème pour le Québec

Le Québec est un immense territoire, trois fois la superficie de la France, sur lequel vivent dix fois moins d'habitants. 66% du transport de marchandises est assuré par la route. Les quelques chiffres qui suivent montrent l'importance de l'hiver pour les routes du Québec.

- 31 000 km de routes relevant du gouvernement provincial, dont 20 900 km entretenus en hiver par des entrepreneurs, 4100 km par des municipalités et 6000 km en régie;
- un budget global d'entretien d'hiver de 175 M \$ CA pour le Ministère, budget en augmentation continue;
- des réalités climatologiques extrêmement rudes
Exemple d'une région sur le 47^e parallèle au niveau de la mer :
 - Gelées : de fin septembre à juin;
 - chutes de neige : d'octobre à avril;
 - hauteur de neige cumulée : de 2,50 à 3,50 mètres;
 - nombre de jours avec chutes de neige : de 80 à 100
 - nombre de jours avec formation de glace sur une chaussée non traitée : environ 30;
- durée officielle de la saison hivernale de 18 semaines sur le 45^e parallèle, 28 semaines sur le 50^e parallèle et 30 semaines dans les régions de moyenne montagne (500 à 800 m d'altitude);
- épandage moyen de 700 000 tonnes de sel sur les routes entretenues par le Ministère (22 tonnes par kilomètre);
- épandage de 1 350 000 tonnes sur les 120 000 km de l'ensemble des réseaux routiers du Québec.

4. Analyse des besoins

En 1998, le Québec disposait d'une dizaine de stations météorologiques. Trois technologies différentes (française à Montréal, allemande à Hull et de développement local autour de Québec) sont implantées.

Une rapide enquête montre que le niveau d'utilisation réelle de ces stations est assez faible. Un manque de confiance, une insuffisance de formation et certains dysfonctionnements expliquent cette faible utilisation.

Avant de se lancer dans l'installation massive de stations météorologiques sur le territoire du Québec, le Ministère réalise à l'automne 1999 une analyse des besoins des utilisateurs potentiels de ses futures stations, afin de mettre au point un cahier des charges pour un éventuel appel d'offres. Nous avons rencontré une soixantaine de personnes dans six directions territoriales ainsi qu'une dizaine d'entrepreneurs en déneigement. Tous les types de décisions ont été passés en revue, du monitoring des situations aux interventions proprement dites en passant par la gestion de la route et le suivi des contrats de déneigement.

Voici le résumé des principales attentes des personnes consultées :

- a - Disposer de bonnes prévisions météorologiques;
- b - Avoir une vision globale du réseau à surveiller;
- c - Mieux connaître les paramètres permettant d'anticiper les risques de glace noire et le comportement de la neige sur la chaussée;
- d - Mesurer l'adhérence de la chaussée en temps réel.

Les opérationnels des directions territoriales attendent de plus un support important des services techniques centraux (formation, normalisation, veille technologique).

L'analyse des besoins a, en outre, permis de distinguer 3 niveaux de décision :

- 1) la décision d'**assurer un suivi météo rapproché**, prise à partir d'un suivi météo régulier et d'une analyse des risques routiers, qui implique des échanges rapprochés entre météorologues et opérationnels routiers.
- 2) la décision de **surveillance routière**, prise à partir du suivi météo rapproché, qui permet de définir l'heure, le lieu, les observations particulières à réaliser, le suivi des stations... voire de mettre en attente des véhicules d'intervention directement sur les circuits.
- 3) la décision d'**intervention**, prise à partir de la surveillance routière et du suivi météo rapproché, qui définit le mode (préventif éventuel ou curatif), l'heure et type de l'intervention, la nature et dosage des matériaux épandus, etc... .

L'analyse des besoins a enfin permis de mettre en évidence les principales qualités d'une information pour prendre une décision. Une information doit être **pertinente** (qualité scientifique par rapport au problème posé), **fiable** (qualité météorologique et technologique) et **recevable** (qualité « psychologique », capacité des gens à l'intégrer dans un schéma mental de prise de décision). Ces qualités doivent être jugées pour chacun des 3 niveaux de décision.

5. Vers un véritable système d'aide aux décisions en viabilité hivernale

Après cette analyse approfondie des besoins, il est clairement apparu que le déploiement d'un réseau de stations météorologiques n'était pas la (ou du moins l'unique) réponse aux attentes. La nécessité d'une approche plus globale, plus centrée sur les réalités socio-psychologiques que sur le caractère technologique, a conduit à réfléchir à la mise en place d'un véritable « système d'aide aux décisions en viabilité hivernale ». Ce système est en fait un ensemble cohérent d'outils d'aide aux décisions autour de l'homme pour lui faciliter ses prises de décision en entretien d'hiver. Cet ensemble inclut des mesures connexes d'accompagnement qui vont dans le même sens.

Un **principe directeur** nous est apparu clairement : le décideur doit rester au centre de la démarche à engager parce que la décision est un acte responsable qui doit rester le propre de l'homme et parce que l'acte de décider est la résultante complexe de nombreuses « intelligences » (intelligence du territoire géré, intelligence des conditions météo qu'il fait et qu'il fera, intelligence de l'effet des conditions météo

sur le réseau et la circulation, intelligence de l'effet du trafic sur les phénomènes routiers, intelligence de l'efficacité et des limites de ses moyens, intelligence des besoins des usagers).

Nous avons alors été confrontés à une difficulté majeure : comment concilier une approche centrée sur l'homme avec une approche de type technologique tout en se donnant les moyens de mesurer réellement les progrès apportés par ces améliorations?

6. Mise en œuvre d'un projet-pilote

Le Ministère s'est engagé à l'automne 2000 dans un projet-pilote étalé sur deux années. Le but de ce projet est de définir le système d'aide aux décisions en viabilité hivernale du Québec et de fixer les mesures d'accompagnement nécessaires. Il se déroule dans deux directions territoriales pilotes (le Québec compte 14 directions territoriales au total). Il s'appuie sur un postulat de départ inspiré des théories de Vilfredo Pareto :

Postulat n°1 : les plus gros gains sont apportés par les activités à plus faible coût.

Cinq activités du projet sont ordonnancées en s'appuyant sur ce postulat :

1 - L'organisation : Décider, c'est tirer partie, dans l'espace et le temps, d'un certain nombre d'informations. Ces informations existent la plupart du temps et leur mise à la disposition des décideurs n'est bien souvent qu'un problème d'échange de données, donc d'organisation de l'information entre les divers acteurs. Au-delà, les contextes administratif, légal et politique, qui jouent un rôle fondamental dans les prises de décisions, se devaient d'être interrogés. Par exemple, comment le « droit à l'erreur », qui encourage des adultes responsables à optimiser leur décision, est-il géré? Ces interrogations constituaient pour nous un préalable à toute tentative d'améliorations technologiques.

2 - La formation : l'intelligence employée jusqu'alors pour prendre des décisions étaient pour l'essentiel le fruit d'une longue expérience sur le terrain. L'apport d'une connaissance structurée dans le nouveau domaine de la météorologie devait permettre l'appropriation de nouvelles informations (paramètres météo et routiers) et faciliter les liens à établir pour optimiser la décision.

3 - Les prévisions météorologiques : les conditions météorologiques à venir constituent l'élément principal dans les prises de décision. L'analyse des besoins avait clairement mis en évidence la faible confiance que les opérationnels avaient dans les prévisions d'Environnement Canada. Il fallait recréer cette confiance, optimiser les bulletins, favoriser les liens entre les intéressés.

4 - Les véhicules de patrouille équipés ou stations météorologiques mobiles : le meilleur moyen de savoir ce qui se passe sur les routes est d'y circuler. Le patrouilleur, doté de tous ses sens, et aussi de son véhicule, constitue le capteur d'informations le plus sophistiqué et le plus pertinent qui soit. Durant l'analyse des besoins, cette attente d'une instrumentation installée sur les véhicules de patrouille (température de l'air, température du point de rosée, température de la surface de la chaussée mais aussi adhérence de la surface) a été clairement exprimée.

5 - Les stations météorologiques fixes : véritables « sentinelles électroniques », elles constituent l'outil le plus sophistiqué en matière d'aide aux décisions. Jusqu'où aller dans le degré de sophistication et le nombre à déployer? Comment faire pour que les décideurs aient confiance dans leurs données et les utilisent à plein? Nous voulions privilégier une approche dans laquelle **les décideurs définissent, eux-mêmes, la nature, le nombre et l'emplacement de ces stations**. Toutes les activités précédentes du projet sont nécessaires à cet aboutissement. En particulier, les véhicules de patrouille équipés leurs permettent de réaliser un « profil thermique » direct et intelligent dans tout un ensemble de circonstances hivernales.

Le rythme d'avancement dans les cinq activités est différent dans les deux directions territoriales pilotes. Dans la première, les activités 1, 2, 3 et 4 sont réalisées dès la première année, l'activité 5 se déroulant la deuxième année. La seconde direction territoriale se limite aux activités 1, 2 et 3 pour la première année. L'intérêt de ce décalage est de mesurer les progrès au bout d'un hiver sans apport

technologique, simplement en optimisant les moyens déjà existants (organisation, formation du personnel, prévisions météorologiques).

À chaque année, nous évaluons les gains apportés par les activités. La Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures et la Direction de l'amélioration de la performance de l'organisation du Ministère ont mis au point un outil de mesure des améliorations du contexte dans lequel la décision est prise, et non pas la décision elle-même. Basé sur un questionnaire écrit, il évalue la perception de « la sérénité à décider » des décideurs opérationnels.

Les moyens d'accompagnement sont définis, au fur et à mesure du déroulement du projet, par les participants des directions territoriales pilotes. La Direction du soutien à l'exploitation des infrastructures participe à la mise en œuvre des **réponses aux demandes des participants au projet**. Il s'agit **d'avantage d'accompagner le projet que d'imposer des technologies**.

Le projet-pilote doit aboutir au printemps 2002. Nous saurons alors quel est le rapport amélioration/coût des différentes activités. Nous pourrons ainsi déterminer quel est le système optimal pour le Québec. Nous aurons également pu établir quelles sont les conditions à remplir pour assurer son implantation et quel accompagnement des utilisateurs sera nécessaire.

7. Principaux résultats après une année de projet-pilote

L'année 1 du projet a permis de réaliser les travaux suivants :

- Réflexion sur les irritants à la prise de décision.
- Mise en place de modules de formation des décideurs opérationnels et des opérateurs de matériels.
- Améliorations du contenu des prévisions météorologiques et du processus d'échange avec Environnement Canada.
- Réalisation d'un prototype de station météorologique mobile puis montage en pré-série sur 13 véhicules de la première direction territoriale pilote.
- Étude de la configuration des futures stations météorologiques fixes.

Elle a permis aussi d'arrêter deux postulats supplémentaires au postulat de départ :

Postulat n°2 : la décision implique une pleine connaissance des réalités météorologiques et routières locales. Pour y répondre, elle doit être prise près du théâtre des opérations.

Postulat n°3 : la réussite de toute technologie passe avant tout par la confiance que les décideurs opérationnels vont établir avec elle.

En attendant la fin du projet pilote, des premières conclusions peuvent déjà être tirées dans chacune des cinq activités:

En matière d'organisation

Il apparaît tout à fait fondamental de **diminuer la pression** que subissent les décideurs opérationnels. Des propositions de solutions aux irritants aux prises de décision (police, médias, politiques, hiérarchie) sont faites. La DSEI a obtenu l'accord de réaliser l'étude d'une nouvelle approche de la viabilité hivernale au Québec à l'aide d'un modèle à responsabilité partagée. Cette étude débouchera sans doute sur un plan d'action opérationnel à la fin de l'année 2001.

En matière de formation

Les premières formations en météorologie menées à grande échelle ont montré l'importance des efforts à y consacrer. La cible « opérateurs » non prévue au départ a été retenue dans la mesure où l'opérateur se révèle souvent le « dernier décideur » sur le terrain. Il reste un gros travail pour traduire les nouvelles données météorologiques dans les processus de prise de décision. *In fine*, le Québec a besoin d'un dispositif

lourd pour répondre à tous ses besoins de formation en particulier celle des très nombreux entrepreneurs. Une étude est en cours pour évaluer ce dispositif.

En matière de prévisions météorologiques

Les travaux réalisés la première année dans une des deux Directions territoriales ont grandement amélioré la confiance des opérationnels dans les prévisions météorologiques. Leur contenu a été amélioré par l'intégration de la température du point de rosée et de la couverture nuageuse. De nouveaux concepts (découpage en zone climatique et bulletin par zone et point représentatif de la zone; types de temps; indice de confiance) ont permis de mieux cerner les limites des prévisions météorologiques et de rétablir la confiance entre les routiers et les prévisionnistes.

En matière de stations météorologiques mobiles

Cet outil d'aide aux décisions correspond bien aux capacités d'appropriation actuelles des opérationnels. Il permet d'abord de concrétiser les concepts présentés en formation (pourquoi l'humidité varie-t-elle le long de l'itinéraire, quelle est l'influence des conditions météorologiques sur l'écart entre la température de surface de roulement et la température de l'air?). Ces données sont lues en même temps que la route est perçue. Elles donnent une image en continu et elles peuvent être prises n'importe où dans le profil en travers. Les patrouilleurs se contentent pour l'instant des données sur le tableau de bord du véhicule. Ils ne réclament ni télémétrie ni positionnement par GPS.

En matière de stations météorologiques fixes

Aucune station n'a encore été déployée sur les territoires pilotes. Une étude approfondie des besoins et des possibilités du marché conduit, à l'heure actuelle, à deux types de stations très différents :

- des **stations de base sur les points représentatifs** (1 station par zone climatique) là où des stations météo automatiques n'existent pas. Ces stations répondent à une préoccupation météorologique avant tout. L'équipement de ces stations de base serait limité en terme de paramètres « chaussée » pour permettre une mesure et une prévision à courte échéance de la température de surface de la chaussée. Ces stations seraient intégrées dans le réseau des stations météorologiques automatiques utilisé pour les prévisions météorologiques.
- des **stations « sur mesure » sur certains points singuliers du réseau routier**. Une approche méthodologique des points singuliers permettra de définir l'instrumentation de ces sites.

8. Conclusion générale

Recentrer la démarche dans une approche socio-psychologique au détriment d'une approche trop technologique a permis de mettre en évidence de nombreuses facettes de la réalité du décideur opérationnel en entretien d'hiver.

Les animateurs du projet ont été confrontés au double défi de résoudre les questions générales soulevées et de satisfaire les opérationnels dans leur attente technologique. Heureusement, ces attentes sont très raisonnables, sans doute à la mesure de la confiance que l'homme peut avoir actuellement dans ce genre d'instrumentation!

De l'avis général, la qualité d'un système d'aide aux décisions est conditionnée par la **fiabilité** des informations qu'il fournit. À travers le monde, les efforts actuels portent de plus en plus sur ce critère de fiabilité.

L'expertise des décideurs opérationnels est issue d'une longue expérience pragmatique. Les efforts de formation accomplis ont permis de les convaincre de la **pertinence** de la nouvelle approche de météorologie routière et en particulier de l'importance des mesures de base (Ta, Td, Ts). Ils ont également mis en évidence la complexité de la décision et la nécessité qu'elle soit prise le plus près possible de la route.

Au delà de la fiabilité des données et de la conviction des décideurs à les utiliser, se pose le problème de leur capacité à intégrer, dans leur schéma décisionnel, l'ensemble des informations qu'ils reçoivent. Le projet pilote du Québec est construit pour mesurer la **recevabilité** réelle des informations aujourd'hui

disponibles et ainsi de concevoir et de dimensionner un système d'aide aux décisions parfaitement appropriable par ses utilisateurs.

Le projet pilote va certainement déboucher sur la possibilité d'un déploiement « à la carte » d'un système d'aide aux décisions adapté aux réalités de chaque direction territoriale. La formation se révèle une pièce maîtresse du dispositif à mettre en place et le ministère des Transports entend y consacrer les moyens nécessaires. De manière plus générale, l'accompagnement pendant les étapes de la mise en œuvre jouera un rôle fondamental. C'est pourquoi le Ministère met en place à l'heure actuelle un réseau d'animateurs-formateurs dans chaque direction territoriale.

Quelle que soit l'issue technologique de ce projet, le défi d'un déploiement d'un système d'aide aux décisions optimisé à l'échelle du Québec est à la hauteur de son hiver : majeur! Et tous les acteurs de ce projet ont à cœur sa réussite. Cette approche, fruit d'une coopération étroite entre la France et le Québec, interpelle la mode actuelle des grands réseaux de stations météorologiques. Elle est suffisamment globale pour inspirer d'autres pays qui n'auraient pas encore succombé à cette mode.

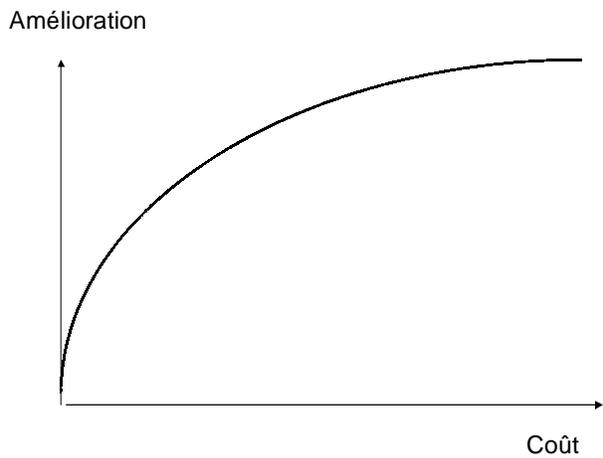


Schéma 1

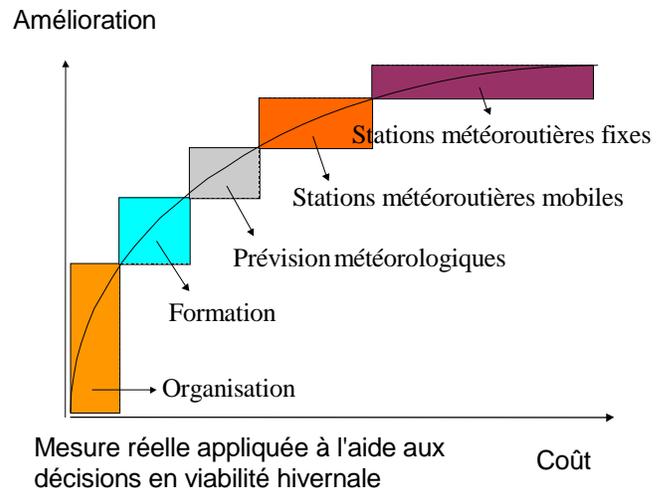


Schéma 2

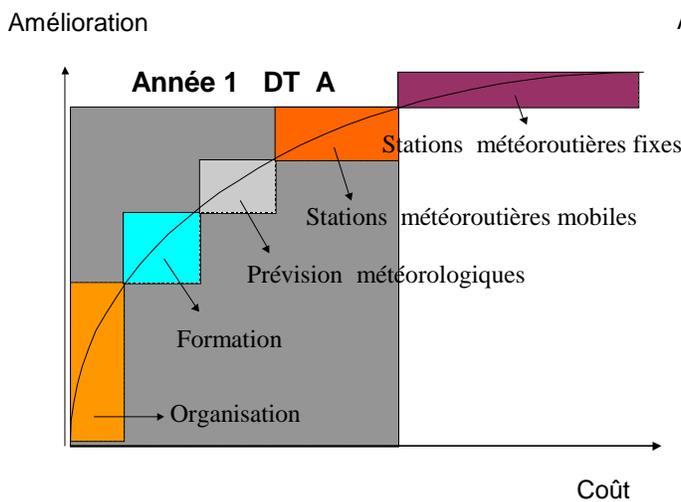


Schéma 3

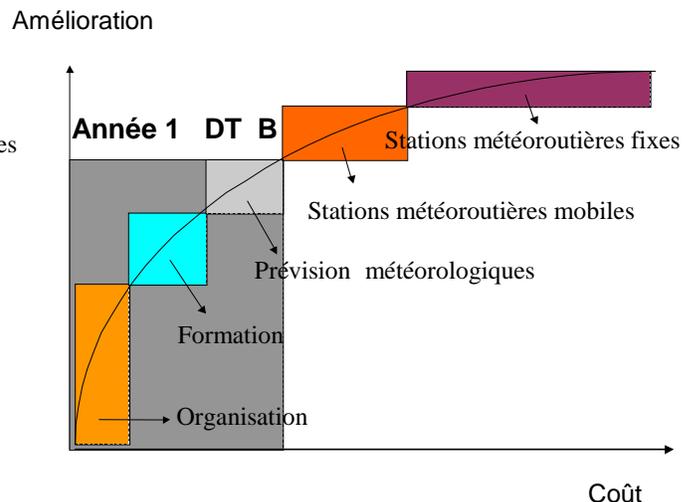


Schéma 4