Verglas

Mode d'emploi !

GUIDE PÉDAGOGIQUE

EDITEUR :
SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES

VERGLAS MODE D'EMPLOI

GUIDE PÉDAGOGIQUE

Document réalisé par : **SEPTEMBRE 1989**

- Le CETE de l'Est.

En collaboration avec
- Le CETE de Normandie centre.
- Le CETE de Lyon.
- Le Centre de la Sécurité et des Techniques Routières du SETRA

Diffusé par :

LE SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
46, avenue Aristide-Briand - B.P. 100 - 92223 BAGNEUX CEDEX - FRANCE
Tél. : (1) 42.31.31.31. - Télécopieur : (1) 42.31.31.69 - Télex 260 763 F

SOMMAIRE

PRÉSENTATION DU DOSSIER

I. MIEUX COMPRENDRE POUR MIEUX AGIR

1.1 Adhérence

1.2 Equation fondamentale du verglas

1.3 Comprendre le rôle de la température

1.4 Comprendre le rôle de l'eau

1.5 Différents types de verglas

1.6 Aspects juridiques

1.7 Fondants

II. ANALYSE

2.1 Objectifs

2.2 Expression de la connaissance du milieu

2.3 Formalisation de cette connaissance

2.4 Recherche de solutions

III. ACTIONS POSSIBLES

3.1 Actions sur le réseau

3.2 Viabilité hivernale

3.3 Action vers les usagers

Ce document est le fruit d'un travail d'équipe animé par J. Livet et J.J. Roussel (CETE de l'Est) et composé de B. Bourland (CETE du Sud-Ouest), J. Busigny (CETE de Lyon), D. Giloppe (CETE de Normandie-Centre), P. Hénné (CETE de l'Est) et Y. Lemaire et F. Rose (SETRA).

VERGLAS MODE D'EMPLOI

GUIDE PÉDAGOGIQUE

Document réalisé par : **SEPTEMBRE 1989**

- Le CETE de l'Est.

En collaboration avec
- Le CETE de Normandie centre.
- Le CETE de Lyon.
- Le Centre de la Sécurité et des Techniques Routières du SETRA

Diffusé par :

LE SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
46, avenue Aristide-Briand - B.P. 100 - 92223 BAGNEUX CEDEX - FRANCE
Tél. : (1) 42.31.31.31. - Télécopieur : (1) 42.31.31.69 - Télex 260 763 F

SOMMAIRE

PRÉSENTATION DU DOSSIER

I. MIEUX COMPRENDRE POUR MIEUX AGIR

1.1 Adhérence

1.2 Equation fondamentale du verglas

1.3 Comprendre le rôle de la température

1.4 Comprendre le rôle de l'eau

1.5 Différents types de verglas

1.6 Aspects juridiques

1.7 Fondants

II. ANALYSE

2.1 Objectifs

2.2 Expression de la connaissance du milieu

2.3 Formalisation de cette connaissance

2.4 Recherche de solutions

III. ACTIONS POSSIBLES

3.1 Actions sur le réseau

3.2 Viabilité hivernale

3.3 Actions vers les usagers

Ce document est le fruit d'un travail d'équipe animé par J. Livet et J.J. Roussel (CETE de l'Est) et composé de B. Bourland (CETE du Sud-Ouest), J. Busigny (CETE de Lyon), D. Giloppe (CETE de Normandie-Centre), P. Henné (CETE de l'Est) et Y. Lemaire et F. Rose (SETRA).

PRÉSENTATION

Le service hivernal reste un enjeu d'importance pour les Directions Départementales de l'Equipement. C'est un service très apprécié des usagers et très demandé par les élus.

Son efficacité est étroitement conditionnée par la rigueur de l'organisation, les performances des moyens, la motivation et la compétence des hommes.

De nombreuses actions nationales et locales ont accompagné les efforts d'amélioration entrepris depuis une dizaine d'années. On peut citer entre autre :

— les réflexions menées au sein de nombreuses DDE depuis 1982,

— le développement progressif d'une météorologie routière depuis 1983,

— l'opération « saler moins, saler mieux ».

— La mise au point des PIVH et le colloque de novembre 1988.

Ces efforts sont à poursuivre. C'est pourquoi vous est proposée cette action « verglas : mode d'emploi » dans l'esprit de « saler moins, saler mieux » qui pourra vous aider à mettre en place une lutte plus efficace et cohérente contre le verglas.

Pourquoi une action « verglas »

La lutte contre le verglas, c'est à la fois.

- Un thème porteur en viabilité hivernale.

Un récent sondage de la SOFRES montre que 55 % des Français souhaitent une lutte plus intense contre le verglas (63 % même dans les régions montagneuses). Si l'impact réel en matière de sécurité routière n'est pas considérable (de l'ordre de 1 % des causes d'accidents mortels), l'impact psychologique est important.

- Un thème de synthèse.

Mener une action efficace contre le verglas (ou plutôt ses conséquences) peut s'envisager à différents niveaux :

— vers les usagers pour les préparer et les sensibiliser,

— sur le réseau routier pour essayer d'empêcher l'apparition du verglas ou du moins, en limiter les conséquences,

— en viabilité hivernale pour le prévenir ou le supprimer rapidement.

Ce sont donc divers secteurs de la DDE, subdivisions, parc, bureaux d'études, CDES, communication, formation qui pourront être mobilisés si nécessaire. Des résultats à la fois valorisants et globaux sont à attendre.

Comment une action « verglas »

D'une manière générale les opérationnels attendent des solutions facilement applicables, des expériences réalisées ailleurs et reproductibles. Par manque de temps plus que d'intérêt, ils privilégient des solutions souvent ponctuelles au détriment de la vue d'ensemble.

Dans un dossier de ce type, il est très difficile d'extraire des solutions valables sur le plan national et cela pour trois raisons :

— la variabilité du contexte géoclimatique est très élevée sur le territoire,

— la viabilité hivernale est le résultat des organisations en place, des habitudes et de l'état d'esprit issus des contraintes locales,

— le verglas touche directement la sécurité routière, domaine dans lequel l'usager et le véhicule — facteurs mal maîtrisés — jouent un grand rôle.

Quelle utilisation concrète

• Ce dossier s'adresse à l'animateur départemental mais aussi à tout groupe de travail sur le sujet et au-delà — à travers certains extraits — à tout opérationnel.

• Il est structuré pour :

— aider à mieux comprendre les phénomènes complexes qui prévalent à la présence du verglas sur la route,

— aider à analyser la situation géoclimatique et organisationnelle du département,

— offrir une panoplie de solutions réalisables.

• Il peut être utilisé :

— en formation,

— pour du conseil,

— pour de l'animation-réflexion,

— pour monter des actions opérationnelles rattachées à des programmes.

Il ne doit surtout pas être compris comme une obligation de tout traiter !

Une des difficultés, au-delà de l'analyse, sera peut-être de faire émerger des solutions puis de choisir parmi ces solutions.

La formation qui sera dispensée autour de ce dossier reprendra dans le détail « le comment animer les choses autour de ce thème ».

Une piste nous semble particulièrement fructueuse : aborder le problème sous l'angle sécurité en partant de certains postulats :

— aucun conducteur n'a envie d'être surpris par le verglas et d'avoir un accident souvent très grave,

— mais trop souvent l'usager est convaincu que cela n'arrive qu'aux autres.

• Il s'agit en conséquence, d'améliorer le « **contexte perceptif** » du danger verglas.

Pour cela, on peut :

— montrer les limites du service public (niveau de service, niveau et moyens de surveillance, délai d'intervention, limite des moyens employés...),

— montrer les limites de l'usager (conduite en situation d'urgence, limite d'efficacité suivant le nombre et le type d'équipement, difficulté de perception de la plaque de verglas, méconnaissance des réactions du véhicule...).

Et surtout :

— chercher à faciliter la lecture de la route et de son environnement (information routière plus positive, signalisation non discréditée, homogénéité des "pièges", formation initiale ou avant l'hiver...).

Le verglas est, et restera encore longtemps l'ennemi numéro 1 de l'automobiliste en hiver.

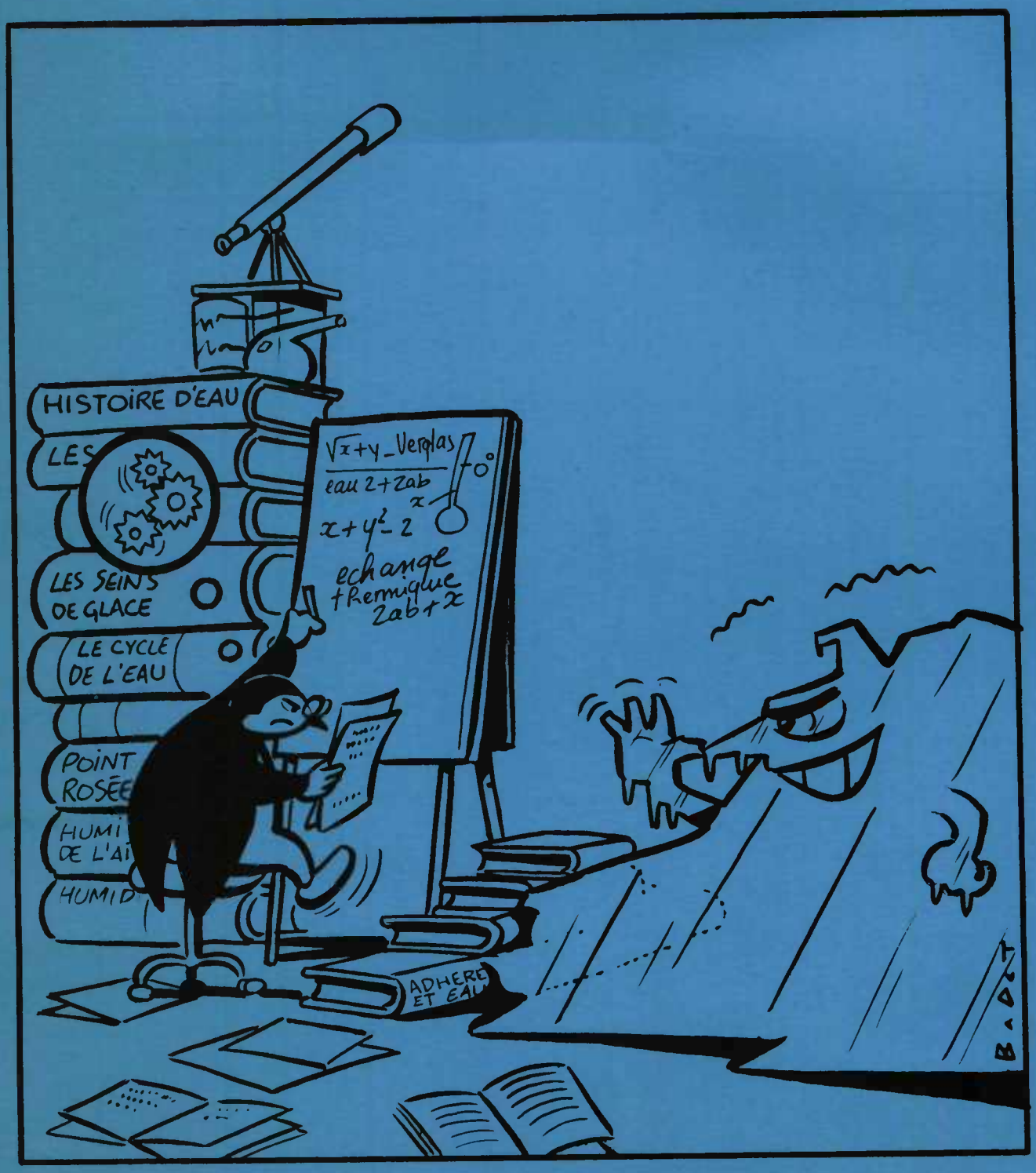
A défaut d'espérer son éradication, on se doit de le combattre par tous les moyens dont nous avons la maîtrise.

Plus notre action sera cohérente plus la réaction de l'usager sera simple et ...efficace.

Un niveau de service n'a de valeur que si il est compris et admis par l'usager

PARTIE I

MIEUX COMPRENDRE POUR MIEUX AGIR



SOMMAIRE - PARTIE I

1.1.1 Surface routière et adhérence.
1.1.2 Adhérence et eau.
1.1.3 Adhérence et verglas.
1.2.0 Equation fondamentale du verglas. Comprendre le rôle de la température.
1.3.1 Notions de température.
1.3.2 Ecarts de température entre air et surface de chaussée.
1.3.3 Facteurs expliquant la température de surface.
1.3.4 Echanges thermiques par conduction.
1.3.5 Echanges thermiques par convection.
1.3.6 Echanges thermiques par rayonnement.
1.3.7 Changement d'état de l'eau.
1.3.8 Influence des changements d'état de l'eau sur la température de surface de la chaussée.
1.3.9 Influence du salage sur la température de surface de la chaussée. Comprendre le rôle de l'eau.
1.4.1 Le cycle de l'eau.
1.4.2 Humidité de l'air.
1.4.3 Température du point de rosée.
1.4.4 Condensation dans la masse : brouillards.
1.4.5 Condensation de surface.
1.4.6 Précipitations, nature et quantité.
1.4.7 Cycle de l'eau sur la chaussée.
1.4.8 Effet des fondants sur le mouillage de la surface.
1.5.0 Différents types de verglas.
1.5.1 Congélation d'humidité préexistante.
1.5.2 Gelée blanche.
1.5.3 Givre blanc.
1.5.4 Brouillard givrant.
1.5.5 Pluie froide sur sol gelé.
1.5.6 Pluie en surfusion.
1.5.7 « Glace sous la neige ».
1.5.8 Autres verglas. Aspects juridiques.
1.6.1 Verglas et jurisprudence.
1.6.2 Verglas généralisé.
1.6.3 Verglas localisé et plaques de glace.
1.6.4 Verglas en traverse d'agglomération.
1.7.0 Fondants.
1.7.1 Tenue du sel sur la chaussée.
1.7.2 Diagramme des phases.
1.7.3 Comportement d'une chaussée salée en fonction de l'humidité de l'air.
1.7.4 Comment assurer une protection en cas de baisse de température.

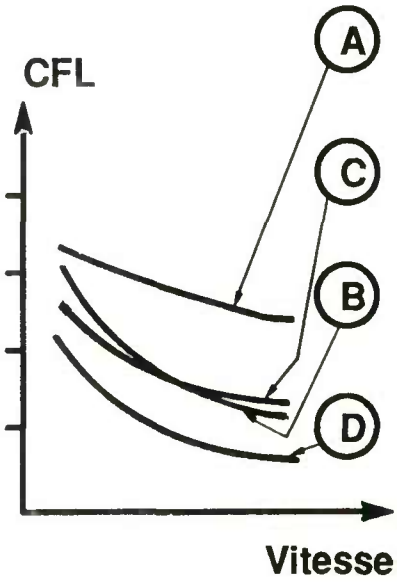
PARTIE I

MIEUX COMPRENDRE POUR MIEUX AGIR

SURFACE ROUTIÈRE ET ADHÉRENCE

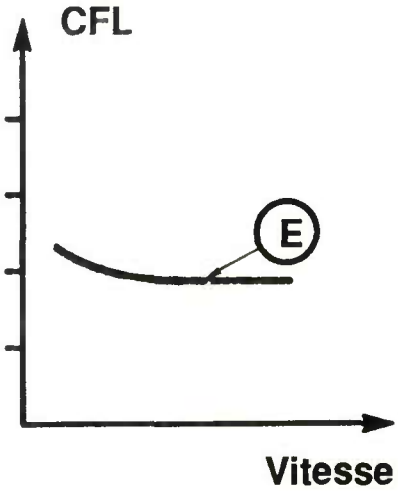
TYPES DE SURFACES

	Macro	/ Micro
A	forte	forte
B	forte	faible
C	faible	forte
D	faible	faible



CAS PARTICULIER DES ENROBES DRAINANTS

E



SURFACE ROUTIÈRE ET ADHÉRENCE

L'absence d'humidité sur un revêtement routier lui confère un niveau d'adhérence supérieur à la demande de l'usager. Le contact entre le pneumatique et la chaussée est dit **sec**.

La présence d'humidité modifie totalement le niveau de l'adhérence en interposant un lubrifiant entre le pneumatique et le revêtement.

Deux caractéristiques sont alors essentielles pour favoriser le contact entre les deux :

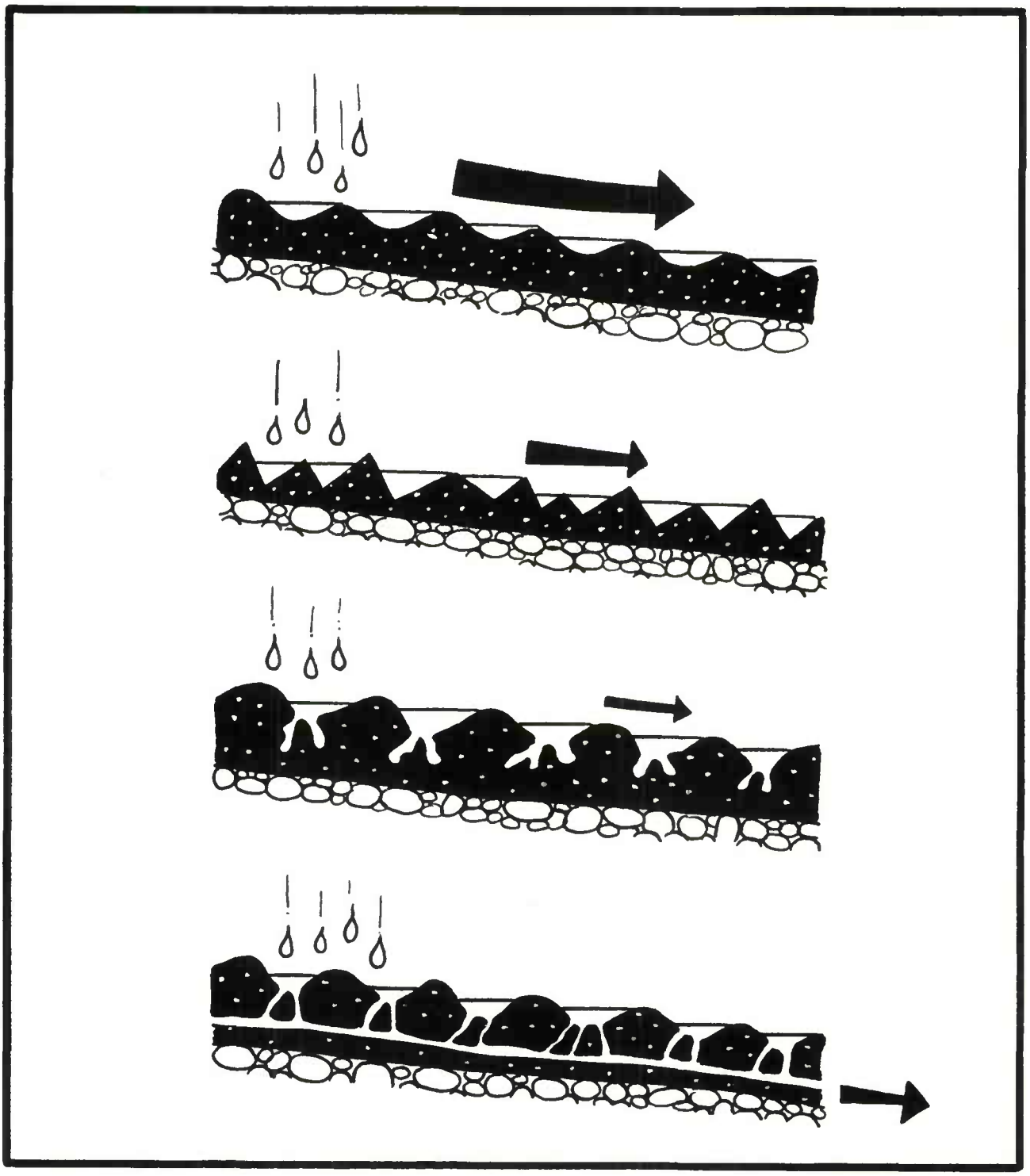
— **la macrorugosité** qui permet le drainage de l'eau en surface ; elle est liée à la formulation du revêtement.

— **la microrugosité** qui permet de briser le film d'eau lubrifiant rétablissant le contact « sec » entre le pneumatique et le revêtement. Elle est liée à la propriété des granulats de présenter une surface rugueuse résistant au polissage par le trafic. C'est une qualité des gravillons exprimée par les mesures de MDE et de CPA (cf. directive : « Spécifications relatives aux granulats pour chaussées » - avril 1984).

Le meilleur revêtement au point de vue de l'adhérence est celui qui offre à la fois une bonne macro et une bonne microrugosité.

Le plus mauvais est celui qui allie une bonne macrorugosité (sécurité apparente sur le plan visuel et auditif) à une faible microrugosité (illusion d'adhérence au niveau du pneumatique !).

ADHÉRENCE ET EAU



ADHÉRENCE ET EAU

L'amélioration de l'adhérence d'un revêtement passe donc par la suppression du film d'eau qui peut séjourner sur le revêtement routier. Cela est obtenu par :

- la pente transversale de la chaussée (2,5 %) avec un dérasement des accotements permettant l'évacuation naturelle de l'eau,
- par le choix de revêtements ayant une macrotexture correcte.

On peut classer les revêtements par rapport à la quantité d'eau interceptée en surface et susceptible de s'interposer entre le pneumatique. Cela donne du moins favorable au plus favorable :

— **les enrobés traditionnels** à macrorugosité moyenne,

— **les enduits superficiels** à forte macrorugosité.

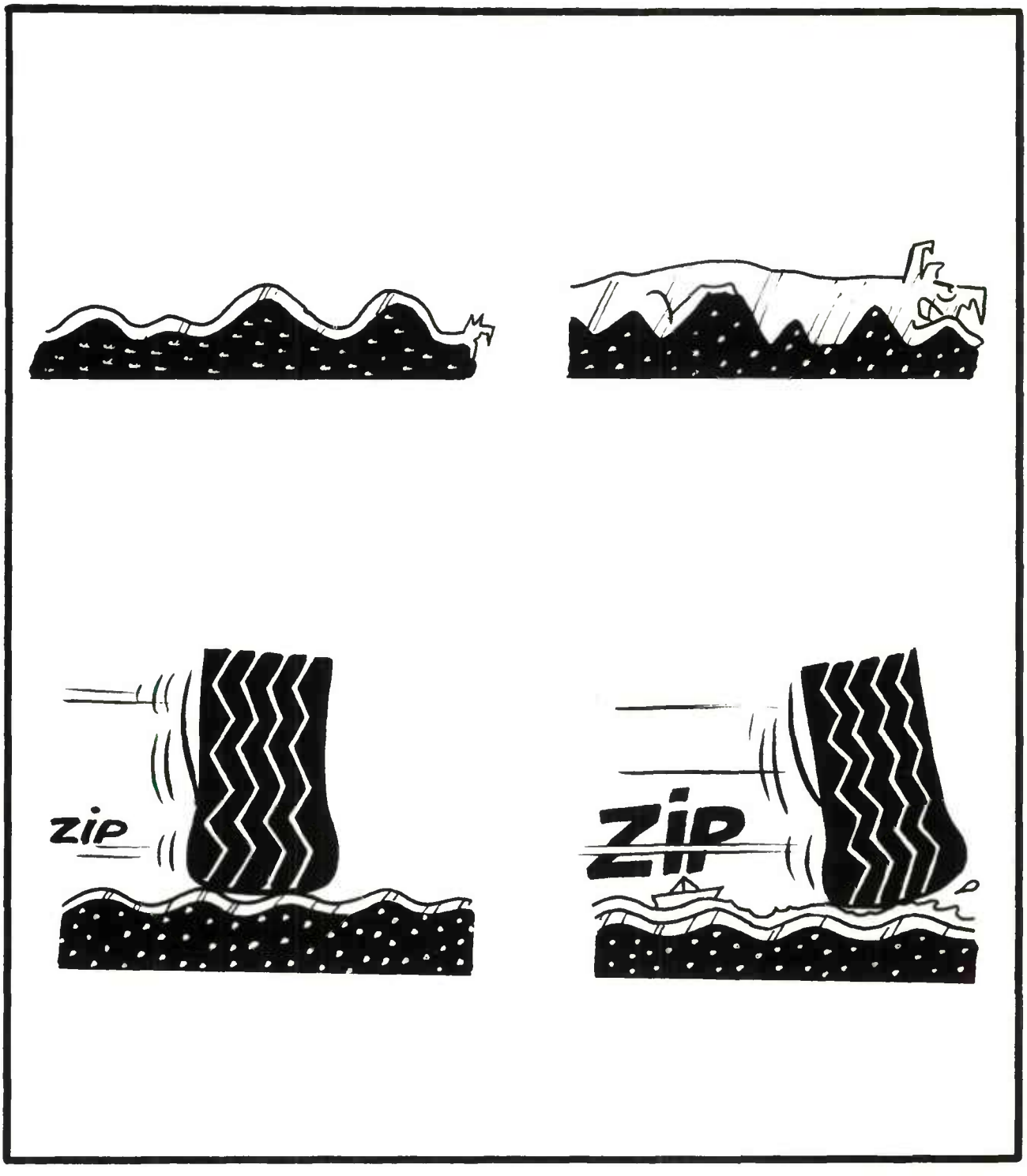
Des techniques plus récentes ont favorisé une évacuation maximale du film d'eau :

— **les enrobés ouverts,** qui, par une porosité de surface, accélèrent le drainage latéral (forte macrorugosité avec 10 % de vides non communicants) et stockent temporairement dans ces vides une partie du film d'eau,

— **les enrobés drainants,** qui, par une porosité interne assurent un drainage dans l'épaisseur (forte macrorugosité avec 20 % de vides communicants).

Mais ces deux dernières techniques modifient complètement le comportement thermohydrique de la surface de la chaussée, ce qui n'est pas sans conséquence sur la viabilité hivernale.

ADHÉRENCE ET VERGLAS



ADHÉRENCE ET VERGLAS

En hiver

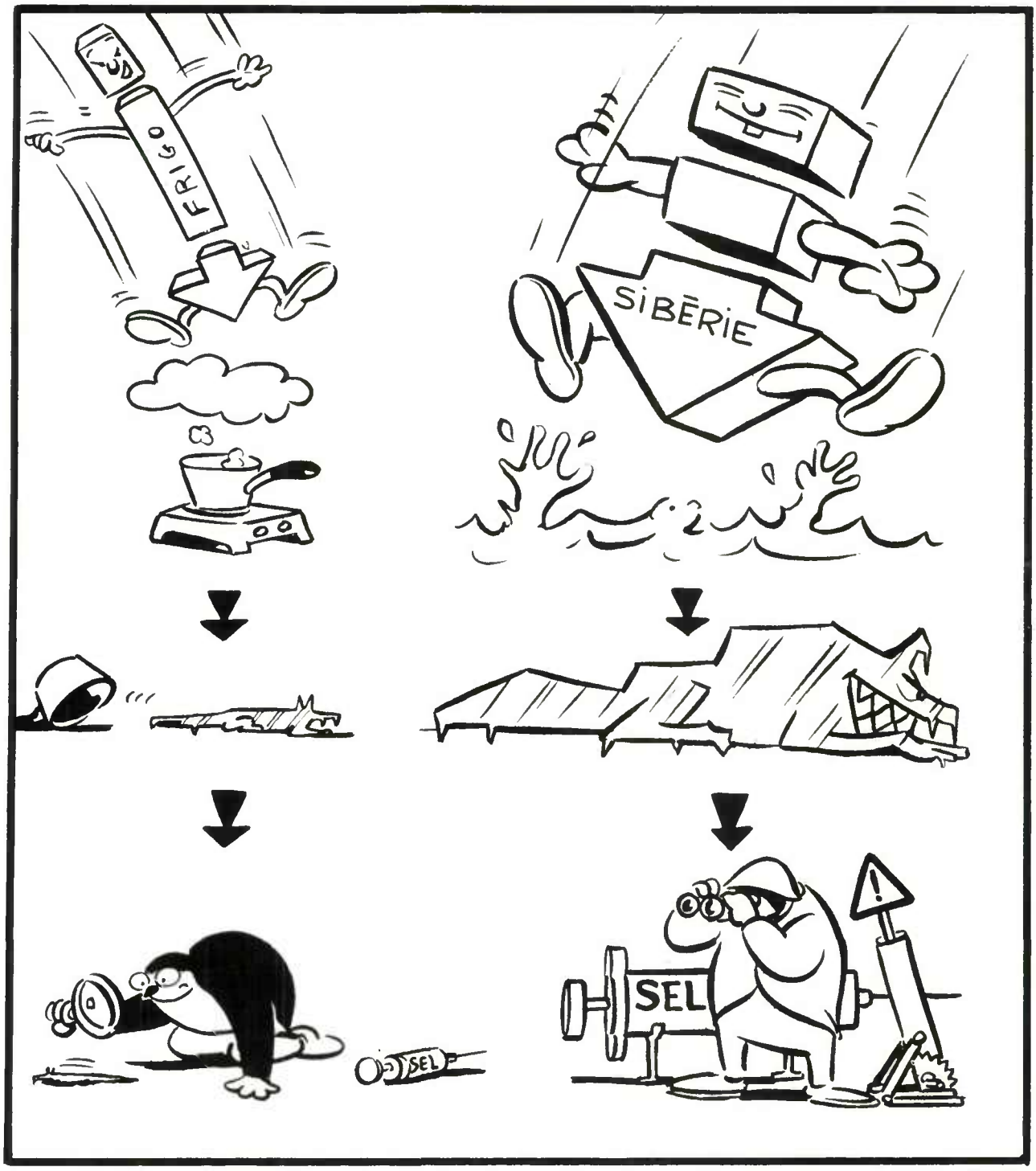
Quand l'eau présente sur le revêtement gèle, la glace gomme la microrugosité de la surface routière. En cas de forte épaisseur d'eau gelée, la macrorugosité peut être affectée.

La perte d'adhérence se fait ressentir dès l'apparition d'un microfilm de glace (quelques 1/100e mm soit quelques dizaines de grammes d'eau par m^2).

Le lubrifiant qui s'interpose entre le pneumatique et le revêtement est une pellicule de glace. Sous nos lattitudes, la surface de cette glace est rarement sèche (température de l'air proche de 0 °C, pression des pneumatiques entraînant localement un changement d'état) ; une fine pellicule d'eau s'interpose entre la glace et le pneumatique offrant de ce fait une surface très glissante.

LE NIVEAU D'ADHÉSION DE LA GLACE AUX GRANULATS EST TELLEMENT ÉLEVÉ, QU'IL EST ILLUSOIRE DE PENSER QU'UN PNEUMATIQUE PEUT BRISER LE VERGLAS FORMÉ.

ÉQUATION FONDAMENTALE DU VERGLAS



ÉQUATION FONDAMENTALE DU VERGLAS

EAU
sur la chaussée
+
TEMPÉRATURE
de surface négative

= **VERGLAS ROUTIER**

Comprendre la formation du verglas et ses conséquences, c'est d'abord analyser les situations qui conduisent à la vérification de cette équation.

Il importe donc de mieux cerner les divers cas d'arrivée d'eau sur la chaussée et les conditions favorables au gel de la surface.

La dynamique conjointe de ces deux événements conduit à des formations de verglas **différents dans leur manifestation, leur durée et leur conséquence**.

NOTIONS DE TEMPÉRATURE

NOTIONS DE TEMPÉRATURE

La sensation de **chaud** et de **froid**, due au sens du toucher est à l'origine de la notion de température ; nous pouvons apprécier les variations de température grâce aux variations de l'intensité de cette sensation.

Le sens du toucher manque de **fidélité** : une même eau tiède, paraît chaude ou froide suivant que la main a été en contact d'une eau plus froide ou plus chaude. Il manque également de **généralité** car deux individus peuvent avoir des impressions différentes d'une même température. Il est également dépourvu de **sensibilité**, des variations de température même assez importantes pouvant lui échapper.

Le repérage de la température nécessite donc l'utilisation d'instruments (thermomètre, sondes thermométriques, pyromètre..., etc.).

L'unité légale de température est le degré Celsius symbolisé par °C.

Deux points caractéristiques :

— l'eau gèle à 0 °C,

— l'eau bout à 100 °C,

à la pression atmosphérique normale (1 013 hPa).

Lorsque deux corps sont mis en présence, la chaleur s'écoule toujours du plus chaud vers le plus froid. La vitesse d'écoulement de cette chaleur va dépendre des caractéristiques thermiques des corps en présence.

Exemple : appliquer sa main sur un bloc de béton ou un bloc de polystyrène à la même température.

Il en est de même pour une chaussée en contact avec l'atmosphère environnante.

NOTIONS DE TEMPÉRATURE

L'art de déterminer une température

Le thermomètre ne donne que la température... du thermomètre !

Les conditions de mesure sont donc très importantes.

La température de l'air donnée par Météo France (anciennement Météorologie Nationale) est relevée dans des conditions précises, (sous abri, ventilé, de couleur blanche, à 1,50 m du sol engazonné, en zone dégagée).

Cela rend parfaitement comparables les mesures de température de l'air d'un lieu à l'autre.

- **Attention** aux thermomètres sur le bord de la fenêtre, qui déterminent la température du mur sur lequel ils sont appuyés, au soleil qui les réchauffe ou du ciel clair qui les refroidit la nuit.

- Ne pas affirmer qu'il fait plus chaud ou plus froid que ce que donne Météo France dans ces conditions.

- Ne pas oublier que tout instrument de mesure présente une **constante de temps** ; c'est ici le temps nécessaire pour que le thermomètre atteigne la température du milieu. Cette constance de temps peut varier de quelques secondes à plusieurs minutes.

- **Attention** aux mesures ponctuelles faites avec un indicateur que l'on sort d'un local ou d'une voiture chauffée ou que l'on applique à la surface de chaussée ; il lui faut un certain temps pour donner une valeur exacte.

Conseil : ne jamais tenir dans sa main le capteur de température par la zone de mesure (bulbe ou sonde).

ÉCARTS DE TEMPÉRATURE ENTRE L'AIR AMBIANT ET LA SURFACE DE LA CHAUSSÉE

ÉCARTS DE TEMPÉRATURE ENTRE L'AIR AMBIANT ET LA SURFACE DE LA CHAUSSÉE

La surface de la chaussée est **la frontière entre deux milieux** de nature et de comportement différents :

— **la chaussée,** milieu solide, plus ou moins humide en contact avec le terrain naturel, a une température généralement plus élevée en hiver (énergie géothermique). Les variations de température dans ce milieu y sont lentes,

— **l'atmosphère,** milieu fluide, a une température qui varie très rapidement sous l'effet, d'une part des variations diurnes et nocturnes, d'autre part des mouvements des masses d'air qui peuvent être plus ou moins froides. L'atmosphère présente aussi la particularité de véhiculer des masses d'eau importantes sous forme vapeur, liquide ou solide, qui en se précipitant vont refroidir ou réchauffer la surface de la chaussée.

⇒ **Il y a donc rarement équilibre entre les deux milieux.**

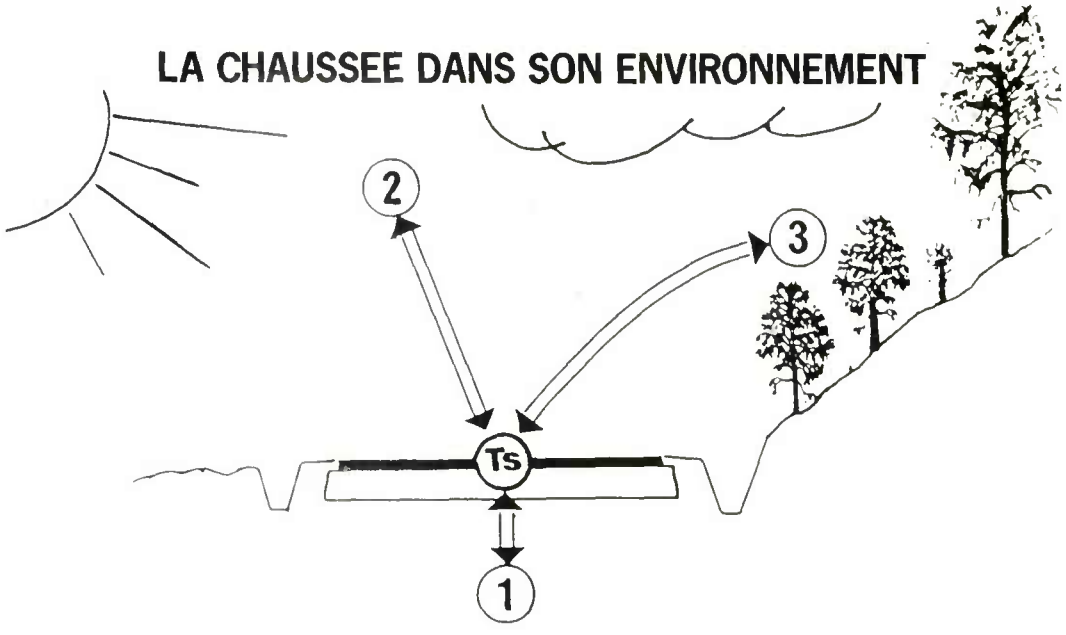
Déterminer la température de l'air et considérer que celle de la surface de la chaussée est la même est une **erreur**. Les écarts peuvent être importants en hiver.

Par nuit claire, la température de la surface de la chaussée peut être inférieure de 4 °C à celle de l'air.

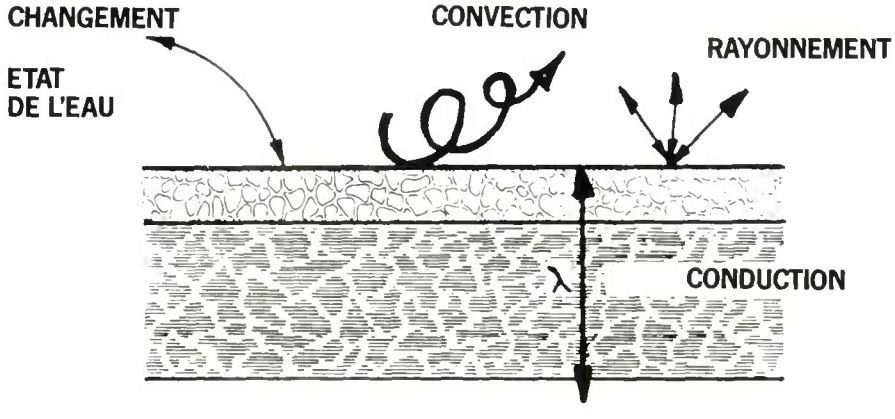
De jour en présence de soleil, cette température peut être supérieure de plus de 10 °C à celle de l'air.

TEMPÉRATURE DE SURFACE DE CHAUSSÉE

LA CHAUSSEE DANS SON ENVIRONNEMENT



MODES DE TRANSFERT DE L'ENERGIE A LA SURFACE D'UNE CHAUSSEE



TEMPÉRATURE DE SURFACE DE CHAUSSÉE

La température à la surface d'une chaussée est le résultat de la combinaison de trois facteurs principaux :

1. **La chaussée** dont les caractéristiques thermiques sont extrêmement variables suivant le lieu (épaisseur de la structure, couleur du revêtement, présence d'ouvrages... etc.).
2. **Le milieu atmosphérique** qui évolue dans le temps et dans l'espace (variation diurne-nocturne, vent, précipitations).
3. **L'environnement** qui varie tout le long d'un itinéraire et interagit avec la structure (végétation, ombres-portées, habitat, exposition..., etc.).

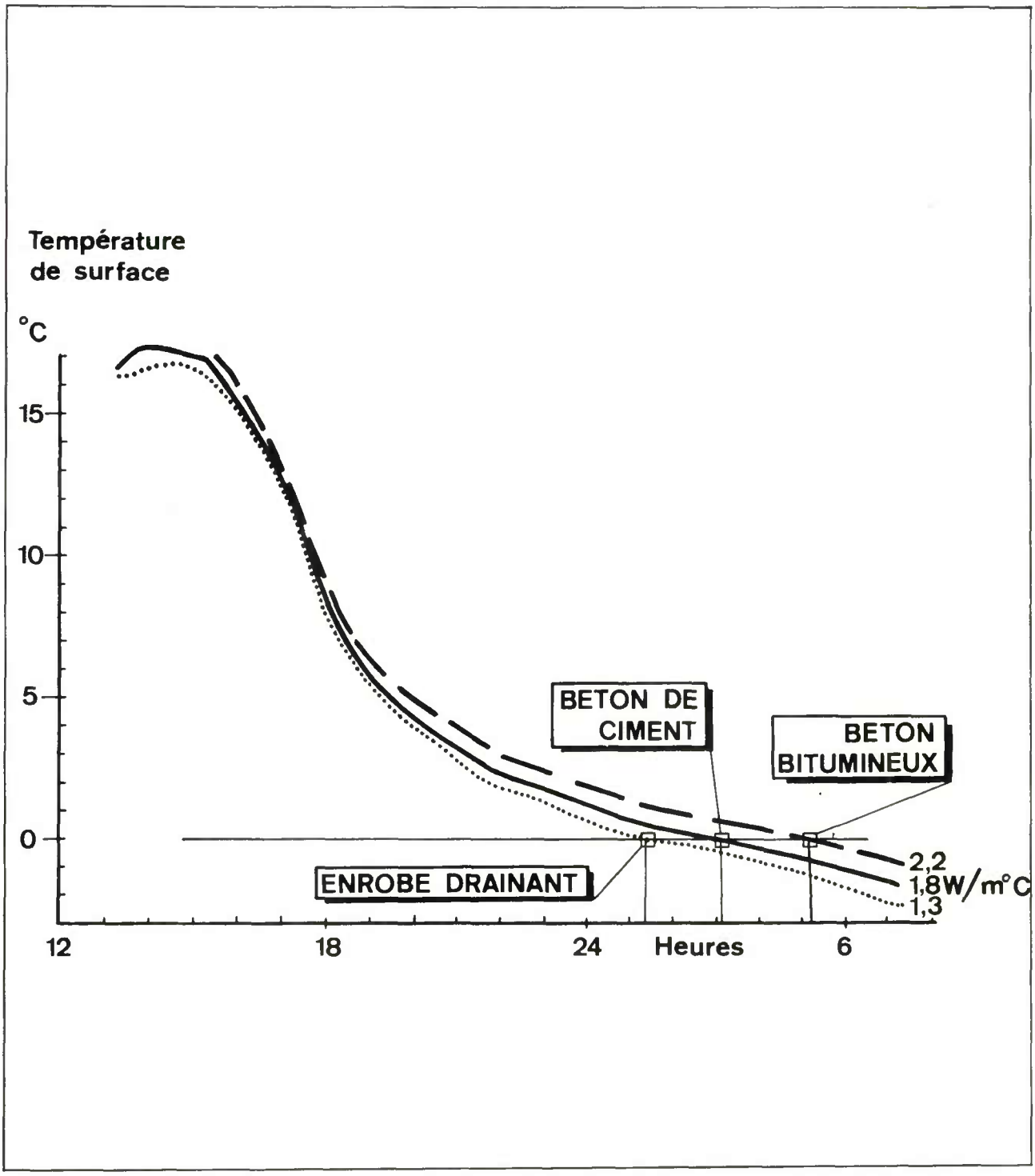
Les modes de transfert de l'énergie à la surface d'une chaussée s'effectuent par :

— **conduction** dans la structure,
— **convection** entre l'air ambiant et la surface de la chaussée,
— **rayonnement** à la surface.

Le milieu atmosphérique introduit un « mode de transfert », supplémentaire qui est lié aux **changements d'état de l'eau** en surface de chaussée : évaporation ou fusion — condensation ou congélation.

La température de surface d'une chaussée varie dans l'espace et dans le temps. Agir sur la chaussée par l'entretien ou sur l'environnement par certains aménagements permet de corriger certaines anomalies thermiques.

ÉCHANGES THERMIQUES PAR CONDUCTION



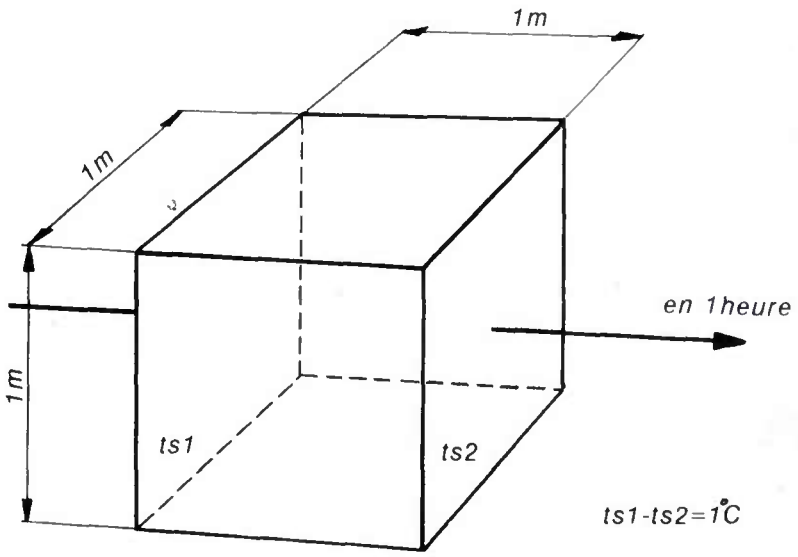
ÉCHANGES THERMIQUES PAR CONDUCTION

La conduction est le phénomène par lequel la chaleur s'écoule à l'intérieur d'un solide, d'une région à haute température vers une autre à basse température.

La conduction est le mode de transfert principal de la chaleur dans la structure de chaussée.

La vitesse d'écoulement de la chaleur dépend des caractéristiques thermiques des matériaux et principalement de leur conductivité thermique.

La conductivité thermique d'un corps est la quantité de chaleur traversant un mètre carré du corps considéré, pour un mètre d'épaisseur, par heure et pour une différence de température de 1 °C entre les deux faces.

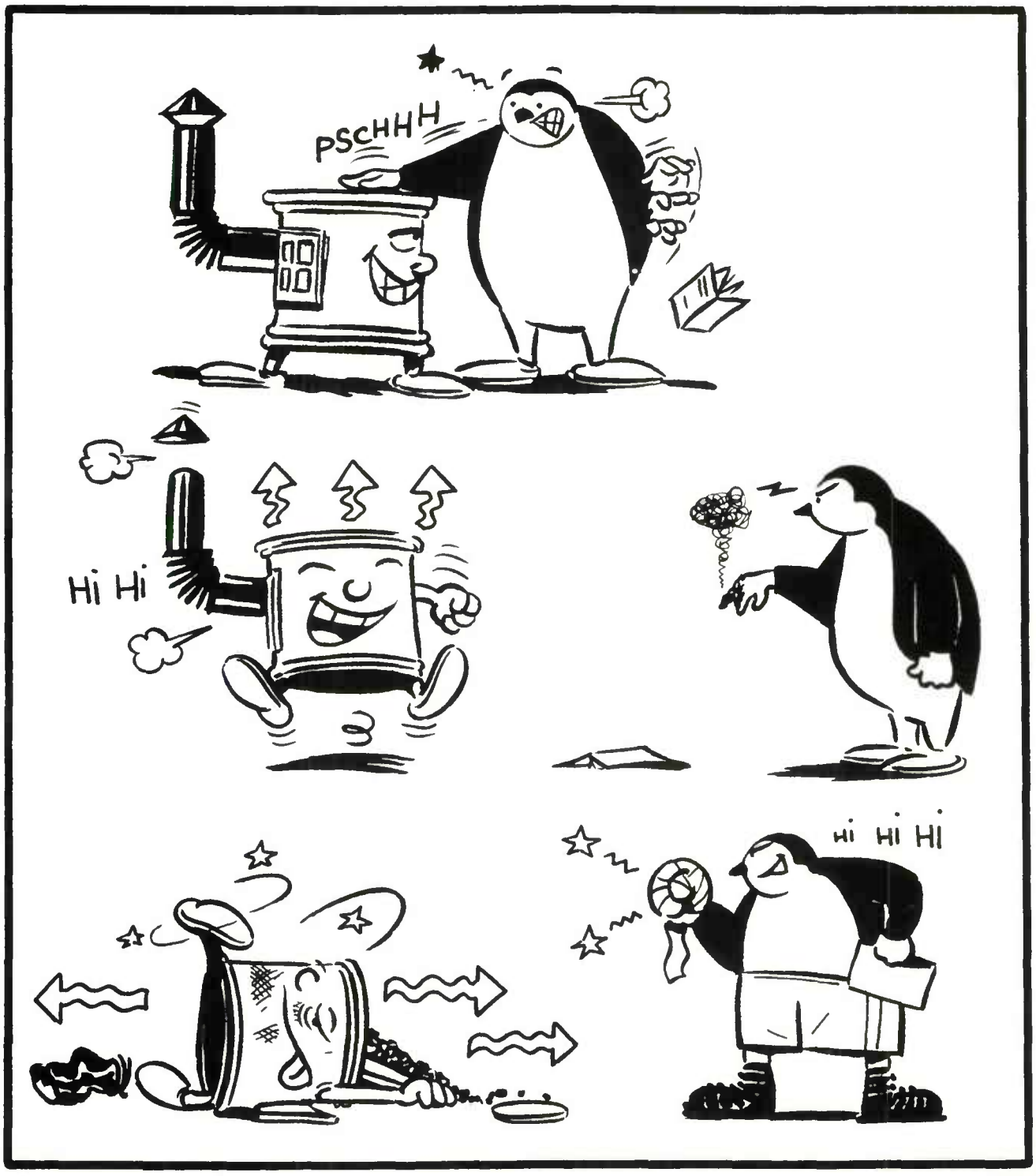


Quelques valeurs de conductivité en W/m °C :

grave laitier	1,40	grave non traitée	1,80
grave bitume	1,90	béton bitumineux	2,20
béton de ciment	1,80	enrobés drainants	1,50
air	0,024	quartzite	6,04

Plus une chaussée est dense (ou compacte), plus elle est conductrice, car elle possède peu de vides d'air ; c'est le cas des chaussées modernes. Les matériaux siliceux sont généralement plus conducteurs que les calcaires qui contiennent des micro-bulles d'air.

CONDUCTION
CONVECTION
RAYONNEMENT



ÉCHANGES THERMIQUES PAR CONVECTION

La convection est le mode de transfert de la chaleur le plus important entre une surface solide et un fluide (liquide ou gazeux) ; c'est le cas des échanges entre la surface de la chaussée et l'atmosphère.

On peut distinguer deux modes de convection :

— **La convection libre ou naturelle :**
exemple : l'air qui vibre, en été au-dessus de la chaussée s'élève dans l'atmosphère en emportant de la chaleur prise au revêtement.

— **La convection forcée :**
Exemples :

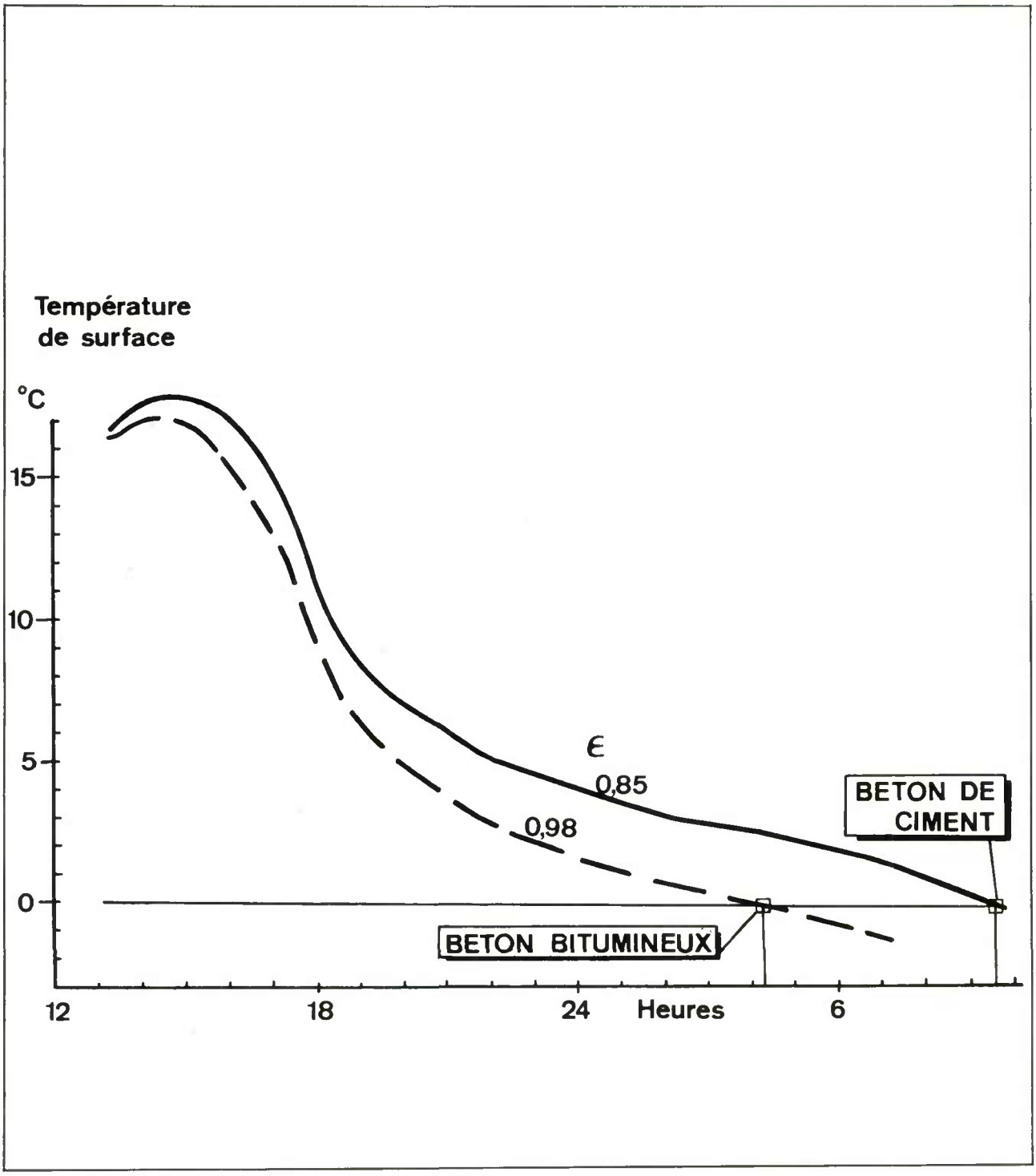
- Le vent froid ou chaud transfère de la chaleur entre la chaussée et l'atmosphère. Il entraîne rapidement un équilibre entre les températures de l'air et de la surface de la chaussée.
- Le trafic plus ou moins important force l'air à lécher la surface routière.

Plus la surface de la chaussée est rugueuse, plus elle échange facilement de la chaleur par convection ; c'est le cas des enduits superficiels.

Plus la vitesse de l'air à la surface de la chaussée est importante, plus la quantité de chaleur échangée est importante.

Plus les écarts de température entre les deux milieux (chaussée-atmosphère) sont importants, plus la quantité de chaleur échangée par unité de temps est importante.

ÉCHANGES THERMIQUES PAR RAYONNEMENT



ÉCHANGES THERMIQUES PAR RAYONNEMENT

Le rayonnement thermique est le mécanisme par lequel la chaleur est transmise d'un corps à haute température, vers un autre à basse température ; **c'est un rayonnement électromagnétique** (longueur d'onde comprise entre 0,1 et 100 μm). L'énergie rayonnante se propage **à la vitesse de la lumière** même si le vide existe entre ces deux corps.

Un exemple : le soleil réchauffe par son rayonnement la surface d'une chaussée qui absorbe cette énergie et voit sa température s'élever plus vite que celle de l'air ambiant.

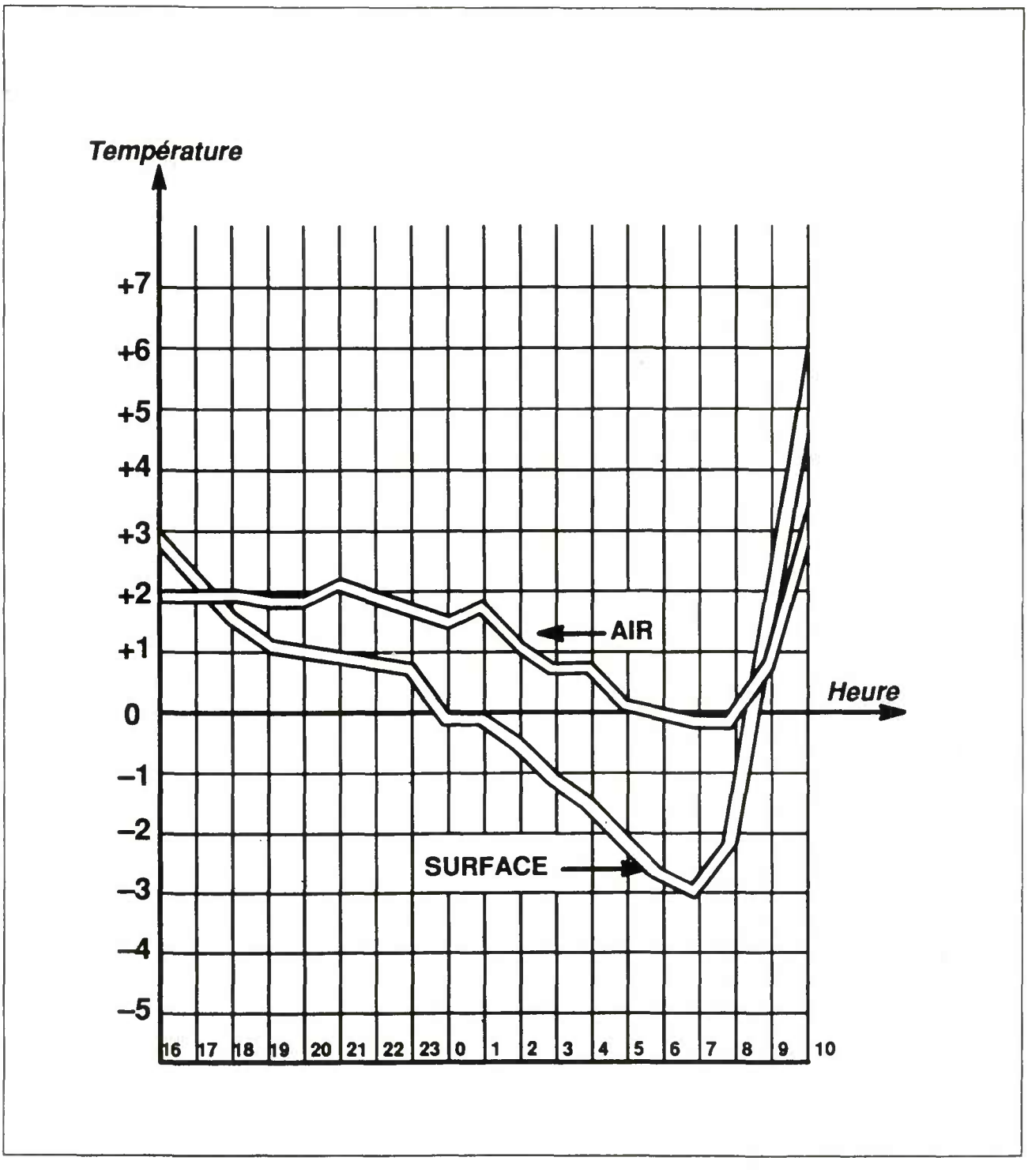
Le **rayonnement thermique** est **plus ou moins absorbé par le milieu qu'il traverse.**

Un exemple : L'énergie solaire est partiellement absorbée avant de toucher le sol, par les différents gaz et vapeur d'eau composant l'atmosphère et les nuages.

La **chaleur rayonnée n'est que partiellement absorbée par la surface du corps exposé** à ce **rayonnement**. Par convention, on dit qu'un **corps qui absorbe tout le rayonnement est un corps noir** (son facteur d'émissivité $\epsilon = 1{,}0$).

La surface d'un revêtement bitumineux présente des caractéristiques voisines de ce « corps noir » ($\epsilon \simeq 0{,}98$). Pour un revêtement en béton de ciment, cette valeur est plus faible ($\epsilon \simeq 0{,}85$).

ÉCHANGES THERMIQUES PAR RAYONNEMENT



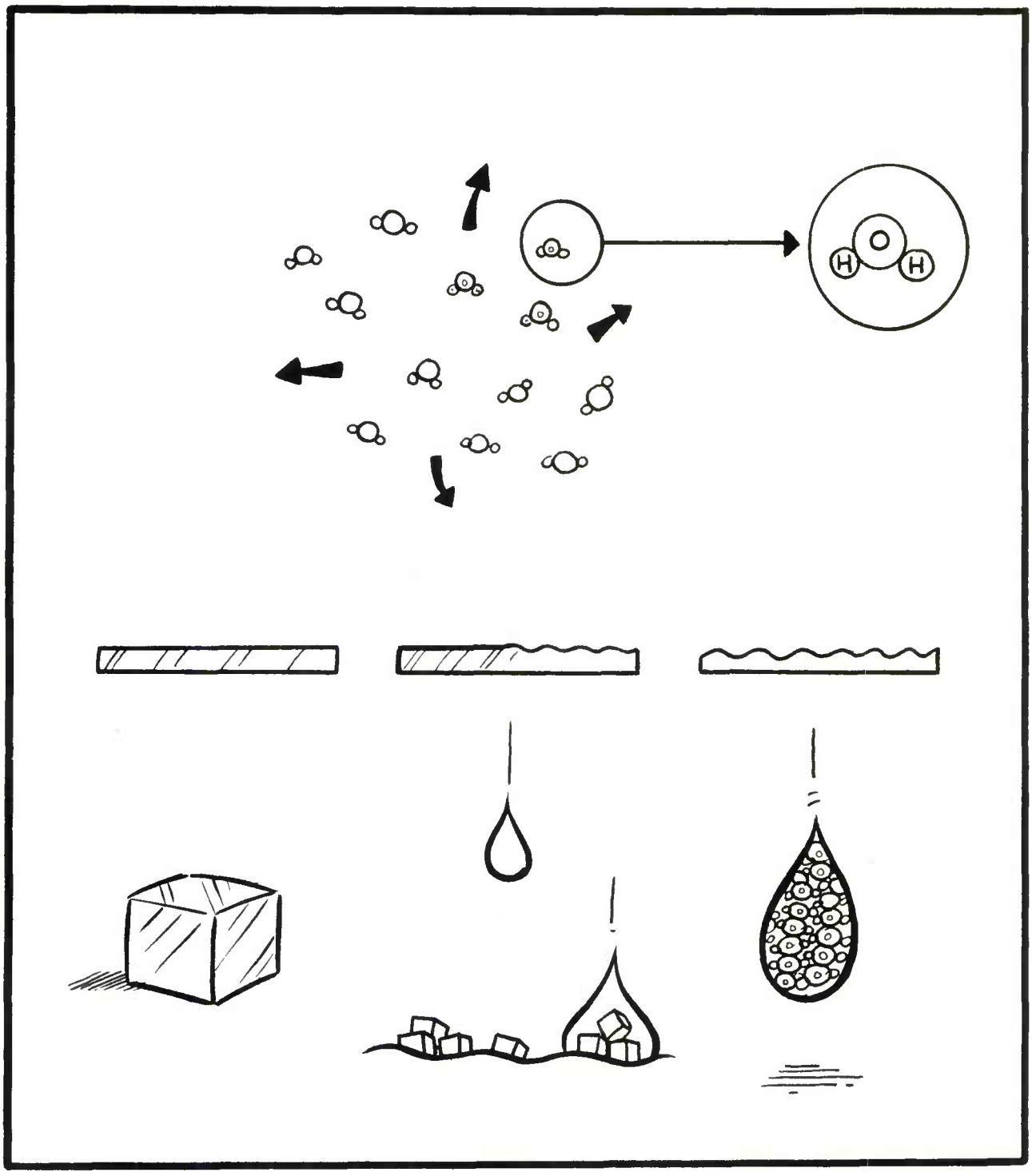
Tous les corps émettent continûment de la chaleur par rayonnement. La quantité de chaleur rayonnée est d'autant plus grande que l'écart de température est important.

La surface de la chaussée est en état de rayonner de la chaleur, principalement de nuit. Dans ce cas, la chaussée rayonne vers la voûte céleste dont on admet que la température est comprise entre – 45 et – 75 °C. Ce rayonnement est alors d'autant plus important que le ciel est dégagé de tous nuages et que l'atmosphère contient peu de vapeur d'eau.

La température de la surface de chaussée peut alors s'abaisser très rapidement au point de devenir négative sans que l'air ambiant voit sa température varier significativement.

Des écarts de 3 à 4 °C sont courants.

CHANGEMENT D'ÉTAT DE L'EAU LES TROIS ÉTATS DE L'EAU



CHANGEMENT D'ÉTAT DE L'EAU

LES TROIS ÉTATS DE L'EAU

On trouve l'eau dans la nature sous 3 états physiques différents.

La vapeur d'eau

Gaz invisible mêlé à l'air ambiant, à l'eau liquide ou à la glace.

Ce gaz contient une forte « énergie interne » liée à l'agitation de ses molécules. Cette agitation est très importante, car la vapeur d'eau a tendance à occuper tout le volume disponible.

L'eau liquide

Se forme dans les nuages (condensation due au refroidissement), tombe en pluie, s'écoule par le sol vers les mers, s'évapore (en vapeur d'eau) pour rejoindre les nuages.

« L'énergie interne » de l'eau est nettement plus faible que celle de la vapeur d'eau (l'agitation de ses molécules est plus faible).

L'eau solide

Prend diverses formes (neige, glace, grésil, grêle, verglas) selon le lieu et les circonstances de sa formation.

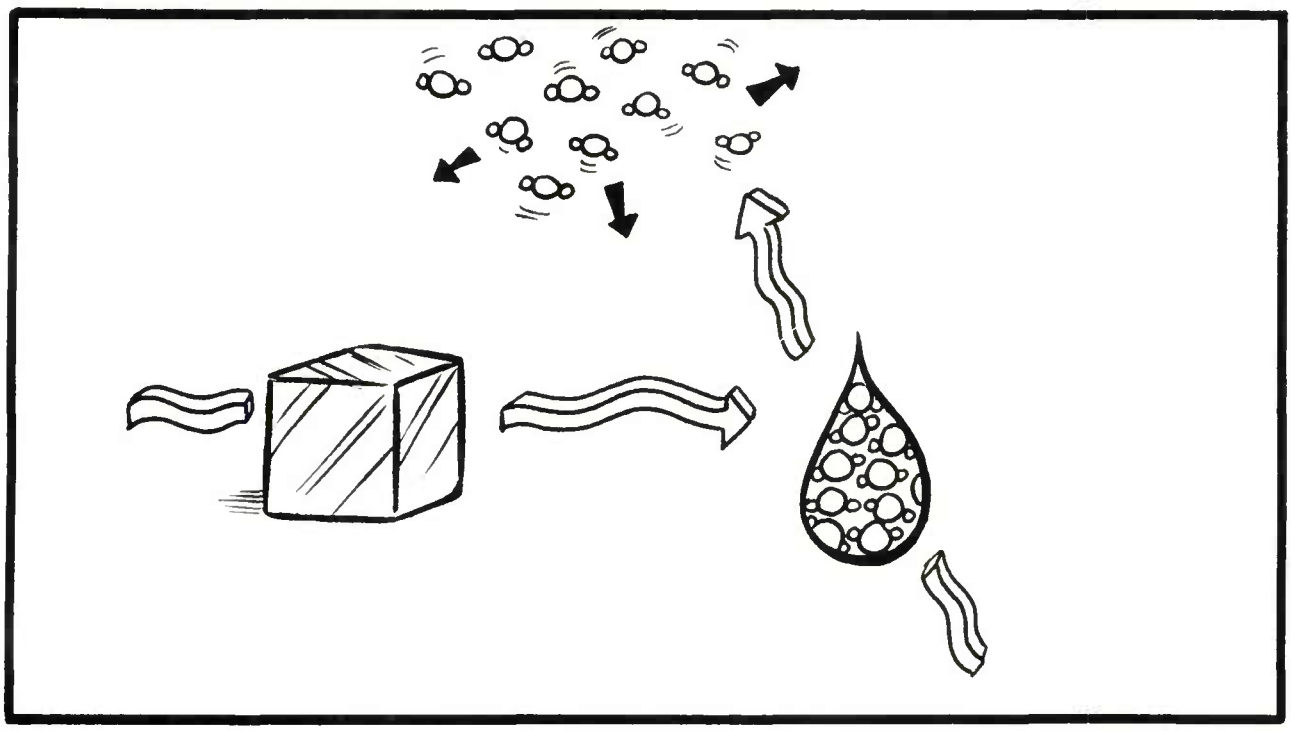
L'eau solide contient une « énergie interne » très faible (les molécules sont très soudées entre elles).

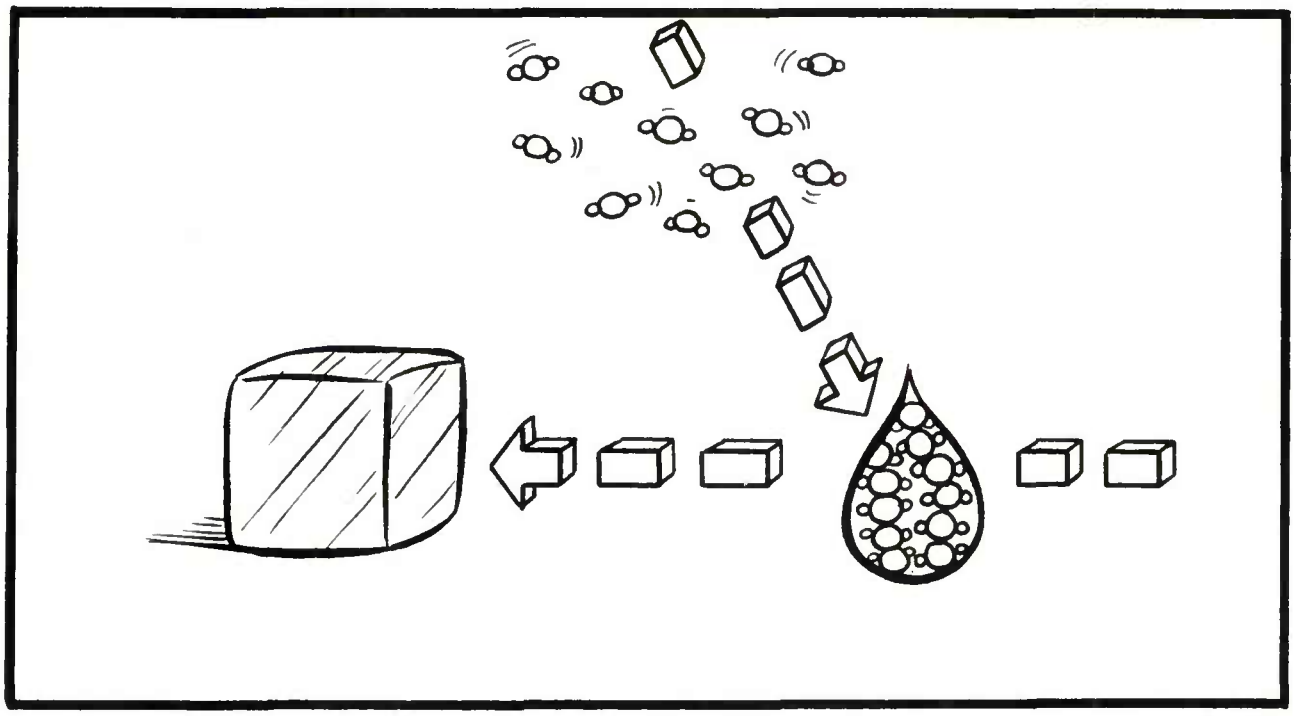
L'eau en surfusion

Etant instable, à mi-chemin entre l'eau liquide et l'eau solide, l'eau en surfusion se trouve fréquemment dans les nuages jusqu'à des températures très négatives (– 30 °C).

Au moindre choc, elle se transforme instantanément à l'état solide, même si la température du solide est positive.

CHANGEMENT D'ÉTAT DE L'EAU TRANSFERT D'ÉNERGIE





L'état habituel de l'eau dans l'atmosphère est l'état de vapeur.

Tout changement d'état s'accompagne d'un transfert de chaleur dans le milieu, dans le cas présent entre l'eau ou la glace, l'atmosphère et la chaussée.

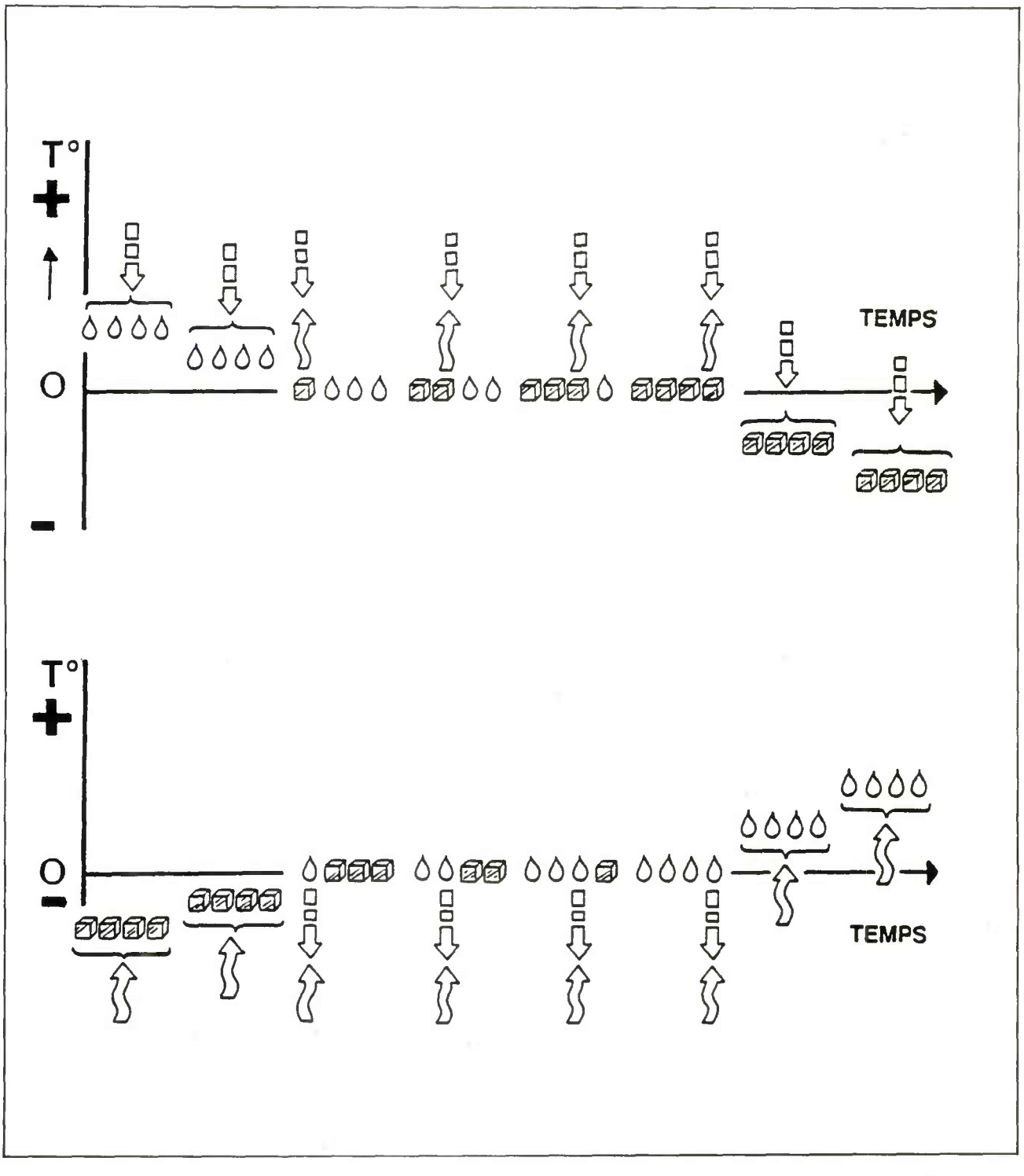
1. La **fusion** et **l'évaporation** qui font passer la glace au liquide puis le liquide à la vapeur **nécessitent l'apport d'énergie que le milieu va fournir.** Cela s'accompagne alors d'un abaissement de température du milieu (air ambiant et surface de chaussée).

2. La **condensation** et la **solidification** qui font passer la vapeur en liquide puis le liquide en glace libèrent de la chaleur en milieu. Cela s'accompagne alors d'une élévation de température du milieu (air ambiant et surface de chaussée).

Les quantités d'énergie nécessaires au changement d'état sont appelées :

— chaleur latente de fusion ou solidification
  $L_f = 334$ kJ/kg (ou 80 cal/g)
— chaleur latente d'évaporation ou condensation
  $L_v = 2\,500$ kJ/kg (ou 600 cal/g)

CONGÉLATION DE L'EAU
FUSION DE LA GLACE



PROCESSUS DE CONGÉLATION DE L'EAU ET DE FUSION DE LA GLACE

Comment l'eau gèle-t-elle ?

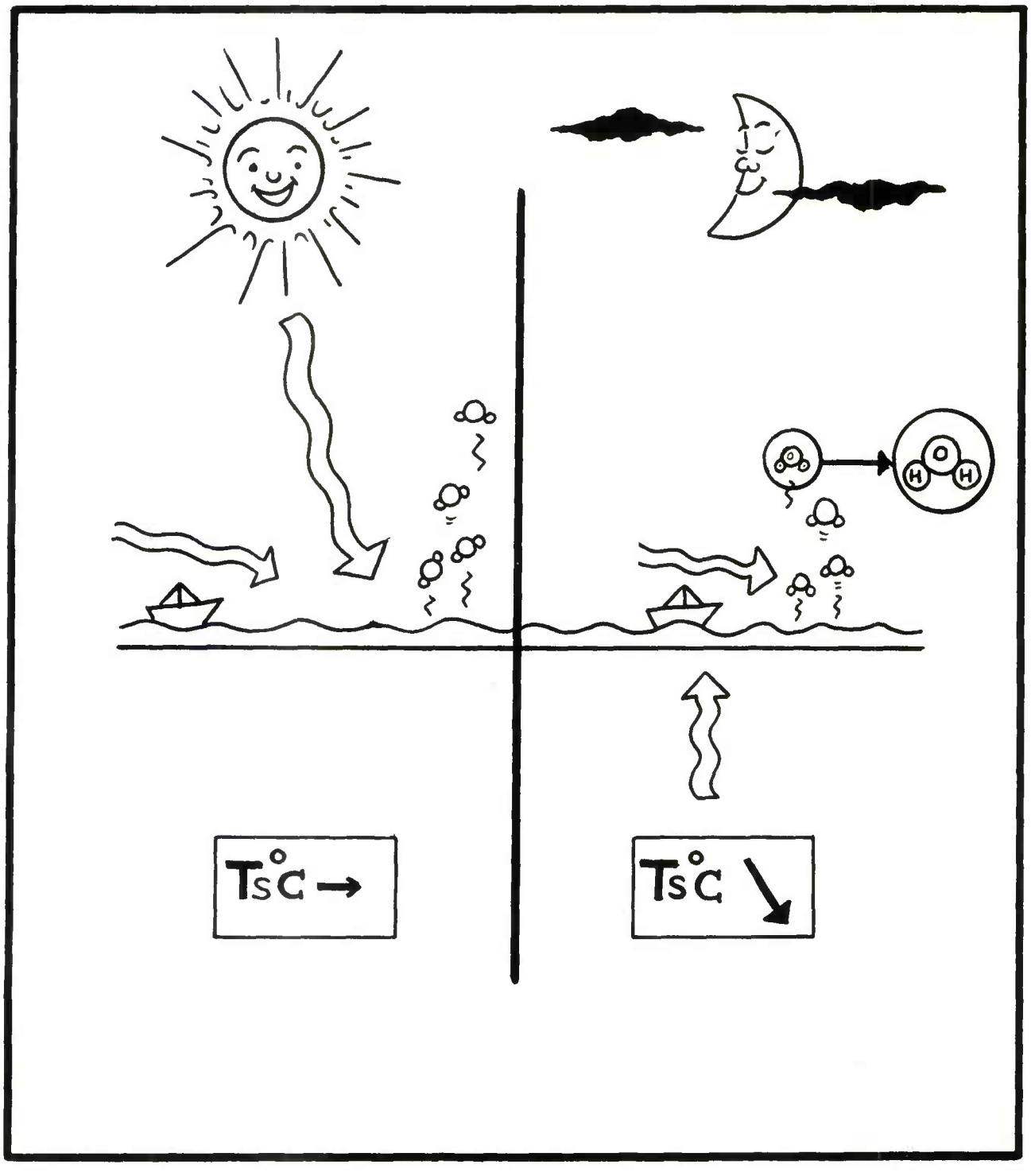
Initialement l'eau est à une température positive. Par apport de froid (retrait d'énergie), l'eau se refroidit jusqu'à 0 °C, qui est la température où apparaît le **premier cristal de glace. Le changement d'état s'effectue alors à température constante de 0 °C,** en libérant la différence d'énergie interne entre l'eau et la glace. La totalité de l'énergie est libérée lorsque toute l'eau est passée en glace. Si on poursuit alors le refroidissement, la glace se refroidit.

Comment la glace fond-elle ?

Le processus précédent est totalement réversible.

Un apport de chaleur porte la température de la glace à 0 °C, température à laquelle la première molécule d'eau liquide apparaît ; le changement d'état s'effectue alors à température constante de 0 °C en consommant l'énergie de changement d'état. L'élévation de la température de l'eau repart lorsque le dernier cristal de glace a disparu.

L'INFLUENCE DES CHANGEMENTS D'ÉTAT DE L'EAU SUR LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA CHAUSSÉE



L'INFLUENCE DES CHANGEMENTS D'ÉTAT DE L'EAU SUR LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA CHAUSSÉE

Les quantités d'énergie mises en œuvre durant les changements d'état, restent extrêmement faibles en regard des « puits » thermiques que constituent l'atmosphère et la chaussée. Les variations de température à la surface des chaussées sont donc rarement perceptibles à l'exception de phénomènes brutaux mettant en œuvre des quantités importantes d'énergie.

1. L'évaporation de l'eau absorbe de la chaleur au milieu

Cela se traduit par un abaissement de température de la surface de chaussée.

— De jour, cet abaissement est compensé par le rayonnement solaire.

— De nuit, au contraire ce phénomène peut être accentué par le rayonnement de la chaussée.

La présence de vent ou de trafic accentue l'évaporation mais favorise l'homogénéisation thermique. C'est la température de l'air qui conditionne la variation de la température de surface de chaussée.

L'absence de vent et de trafic réduit la vitesse d'évaporation.

Il y a risque quand le phénomène d'évaporation se produit alors que la chaussée et l'atmosphère sont à une température voisine de 0 °C.

Nota : Le trafic a pour effet d'augmenter la température de la surface de chaussée de 0,2 à 0,8 °C ; ceci est dû au frottement des pneumatiques et aux gaz d'échappement.

Page laissée blanche intentionnellement

2. La fusion de la glace absorbe de la chaleur au milieu

La fusion naturelle de la glace n'est possible que par apport de chaleur du milieu :

- par rayonnement solaire (de jour),
- par convection, par de l'air à température positive.

La température de la surface de chaussée est toujours à 0 °C pendant la période de fusion naturelle de la glace.

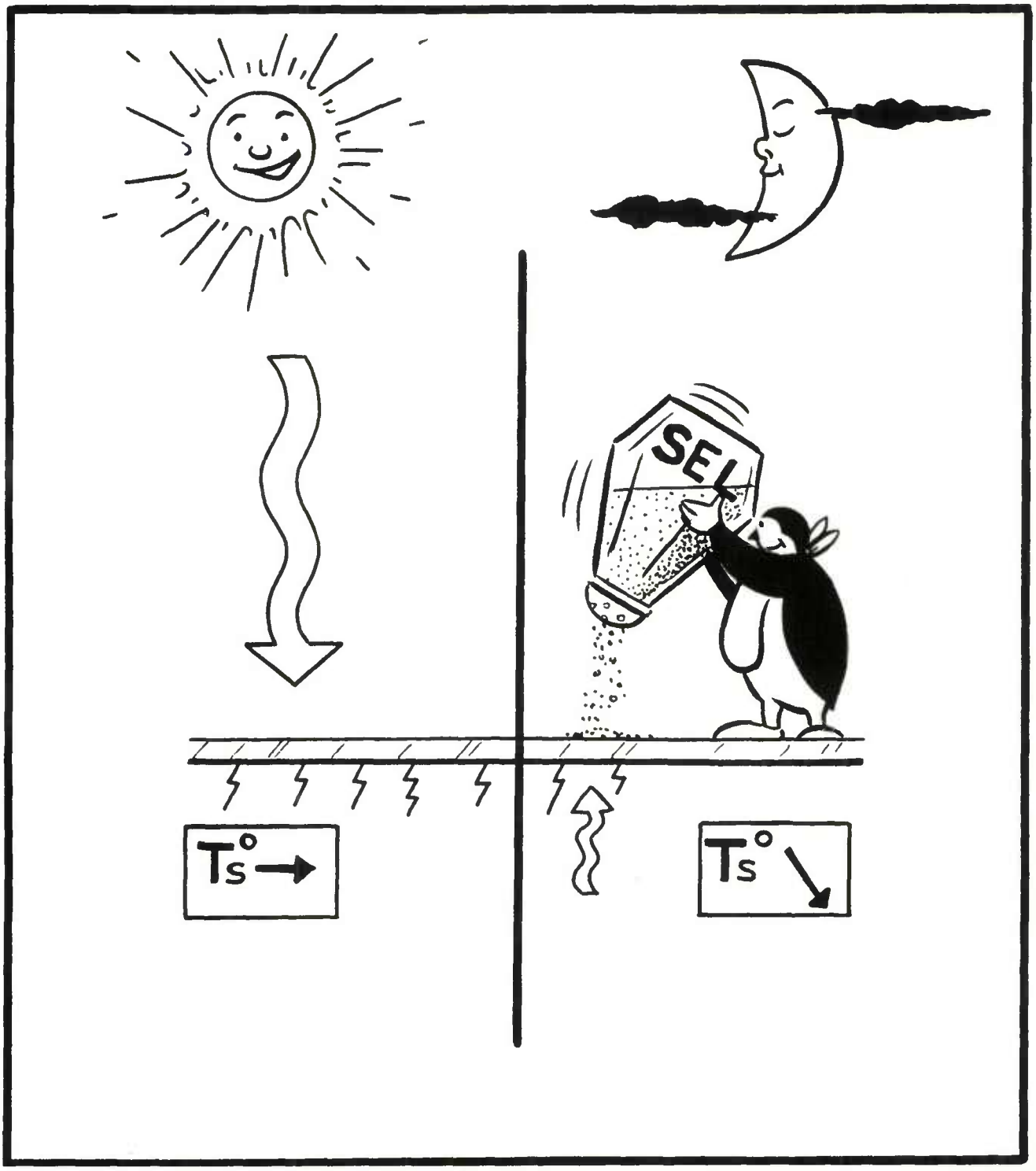
3. La condensation de la vapeur d'eau libère de la chaleur dans le milieu

Ce phénomène ne se produit à la surface d'une chaussée que lorsque sa température est inférieure à la température de rosée de l'atmosphère. Cette condensation a pour effet de ralentir l'abaissement de température.

4. La congélation libère de la chaleur dans le milieu

C'est le phénomène inverse de la fusion. La température de la surface de chaussée est maintenue à 0 °C pendant toute la phase de transformation de l'eau en glace.

INFLUENCE DU SALAGE SUR LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA CHAUSSÉE



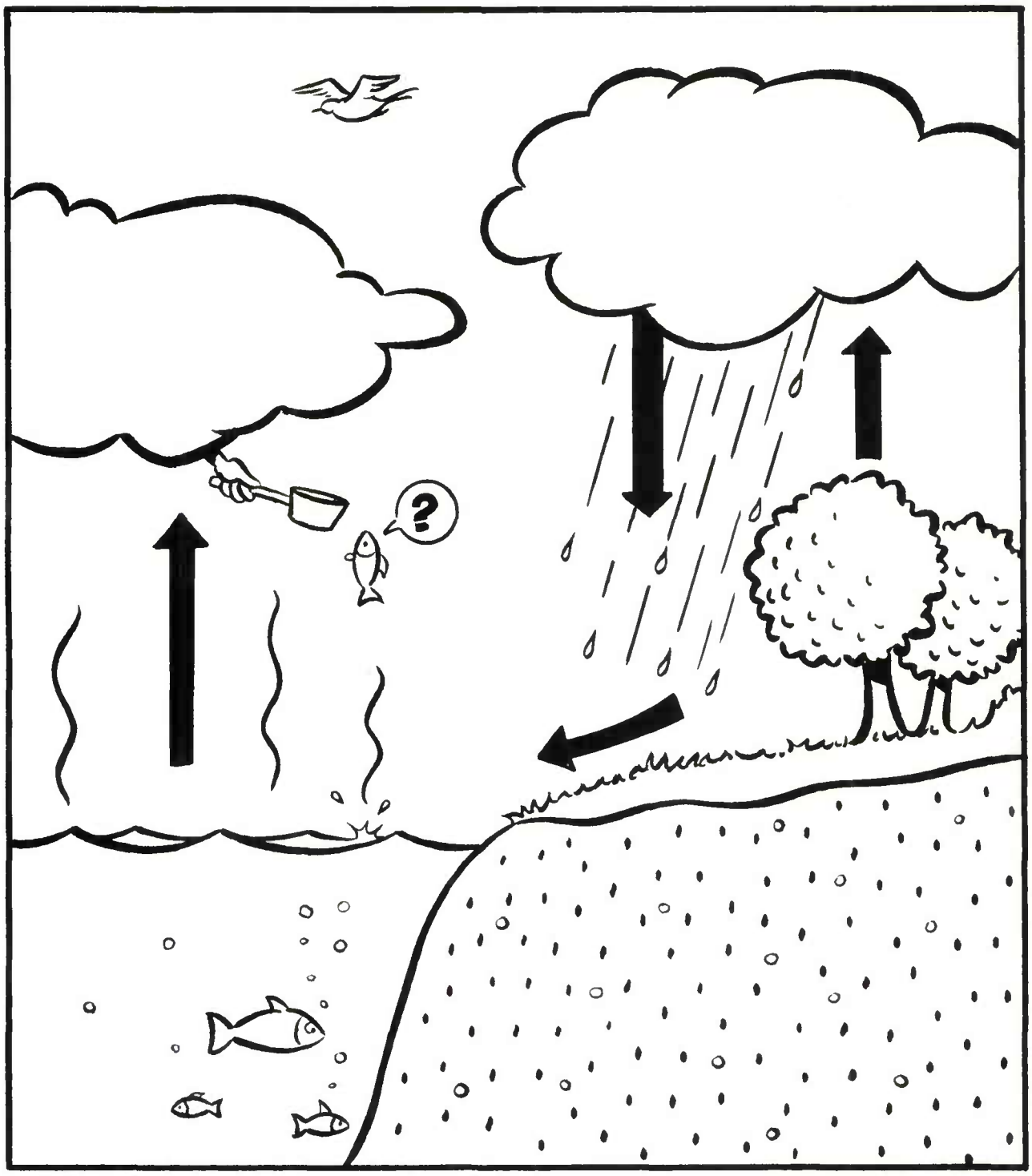
INFLUENCE DU SALAGE SUR LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA CHAUSSÉE

La fusion de la glace absorbe de la chaleur au milieu.

Lorsque la chaussée est verglacée, la fusion de la glace peut être provoquée en utilisant un fondant. La fusion de la glace s'effectue alors en prenant de la chaleur à la chaussée qui voit sa température de surface s'abaisser rapidement de plusieurs degrés. Les vitesses d'abaissement de la température de surface et de mise en fusion sont étroitement liées et dépendent des caractéristiques du fondant (plus il est fin, plus la fusion est rapide) et de la température de l'air et de la structure (plus elle est inférieure à 0 °C, plus le phénomène est lent).

Le phénomène est souvent brutal et peut provoquer une chute de température de la surface de chaussée pouvant atteindre 4 °C. La compensation thermique s'effectue alors, par conduction dans la chaussée, ce qui peut demander plusieurs minutes.

CYCLE DE L'EAU



CYCLE DE L'EAU

De la surface de la mer et de la terre **s'évapore** constamment de l'eau.

L'air qui nous entoure contient donc de la **vapeur** d'eau.

Les courants d'air ascendants, en parvenant aux zones de basses pressions se dilatent et se refroidissent.

La vapeur d'eau suffisamment refroidie **se condense** et forme des gouttelettes d'eau **liquide** qui, si la température est négative, se **congèlent** pour former des cristaux de glace **solide**.

Ces gouttes d'eau ou cristaux de glace forment les nuages. Lorsque par agglomération, ceux-ci deviennent suffisamment lourds, ils tombent sous forme de précipitations. Durant cette descente ces cristaux ou gouttes peuvent changer d'état suivant la température de la masse d'air traversée.

HUMIDITÉ DE L'AIR

HUMIDITES

Humidité absolue — g de vapeur d'eau dans 1m^3 d'air

Humidité de saturation — maximum de vapeur d'eau que peut contenir 1 m^3 d'air

$$\text{HUMIDITE RELATIVE} = \frac{\text{HUMIDITE ABSOLUE}}{\text{HUMIDITE DE SATURATION}} \text{ en \%}$$

Taux de remplissage du m^3 d'air en vapeur d'eau

H.R. 100 % — + 10ºC

H.R. 100 % — 0ºC

H.R. 100 % — –5ºC

L'HUMIDITE DE SATURATION DEPEND DE LA TEMPERATURE

HUMIDITÉ DE L'AIR

L'air qui nous entoure contient de la vapeur d'eau dont les quantités peuvent varier, ce qui nous fait dire que l'air est sec ou humide.

Cette quantité de vapeur d'eau est de l'ordre de quelques grammes par m^3 d'air sec (humidité absolue).

Il existe un seuil maximal au-delà duquel, à une température donnée, le volume d'air est saturé : c'est l'**humidité de saturation.**

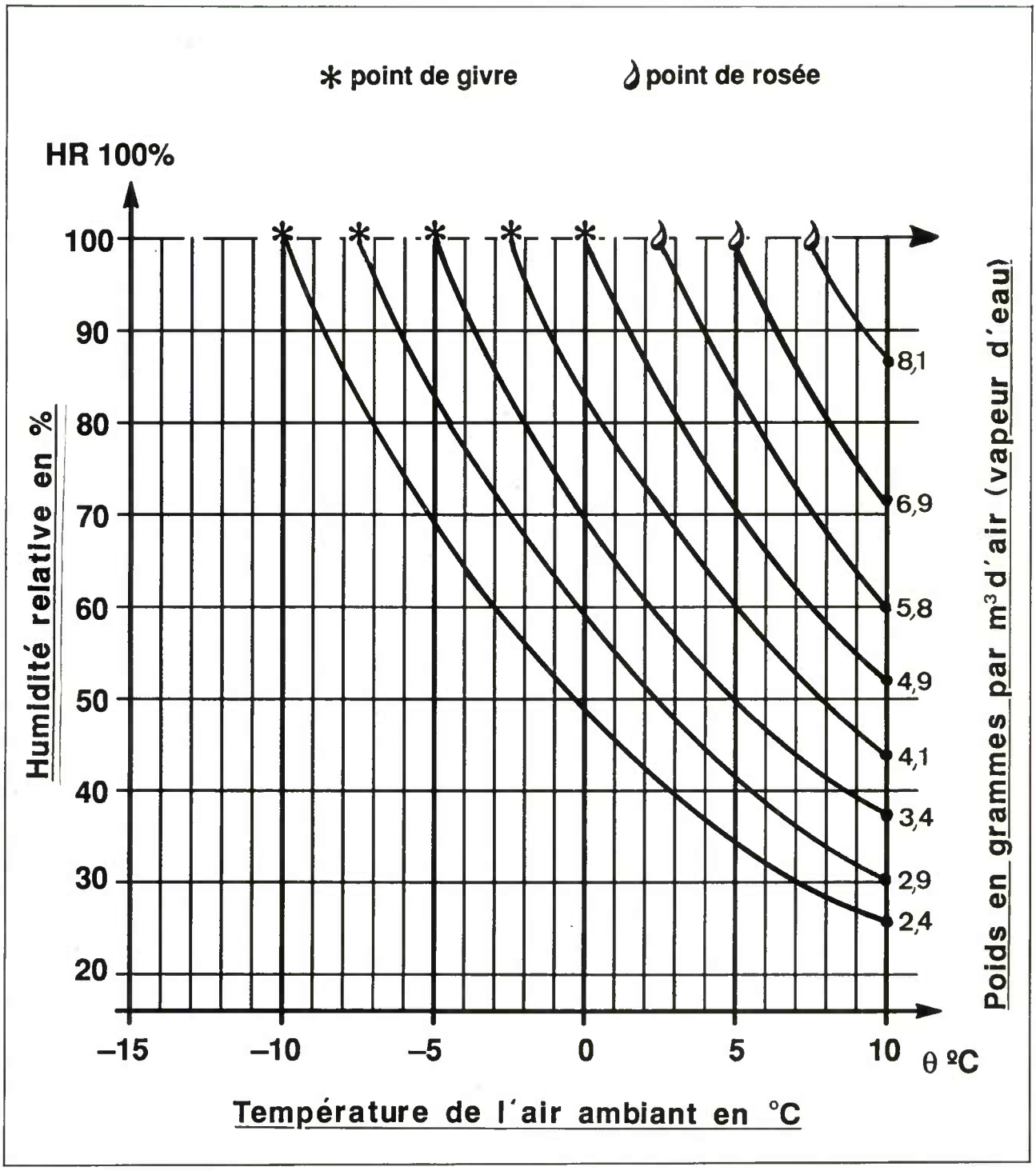
L'humidité relative de l'air est la valeur du rapport de la masse de vapeur d'eau contenue dans un certain volume d'air, à la masse maximale que ce même volume d'air pourrait contenir s'il était saturé à la même température.

Ce rapport est généralement exprimé en %.

La quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir un volume d'air dépend de la température ; plus l'air est froid plus cette quantité est faible.

LA TEMPÉRATURE DU POINT DE ROSÉE

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE



LA TEMPÉRATURE DU POINT DE ROSÉE

La **température du point de rosée** est la température à laquelle il faut refroidir l'air humide sous pression constante pour l'amener à saturation.

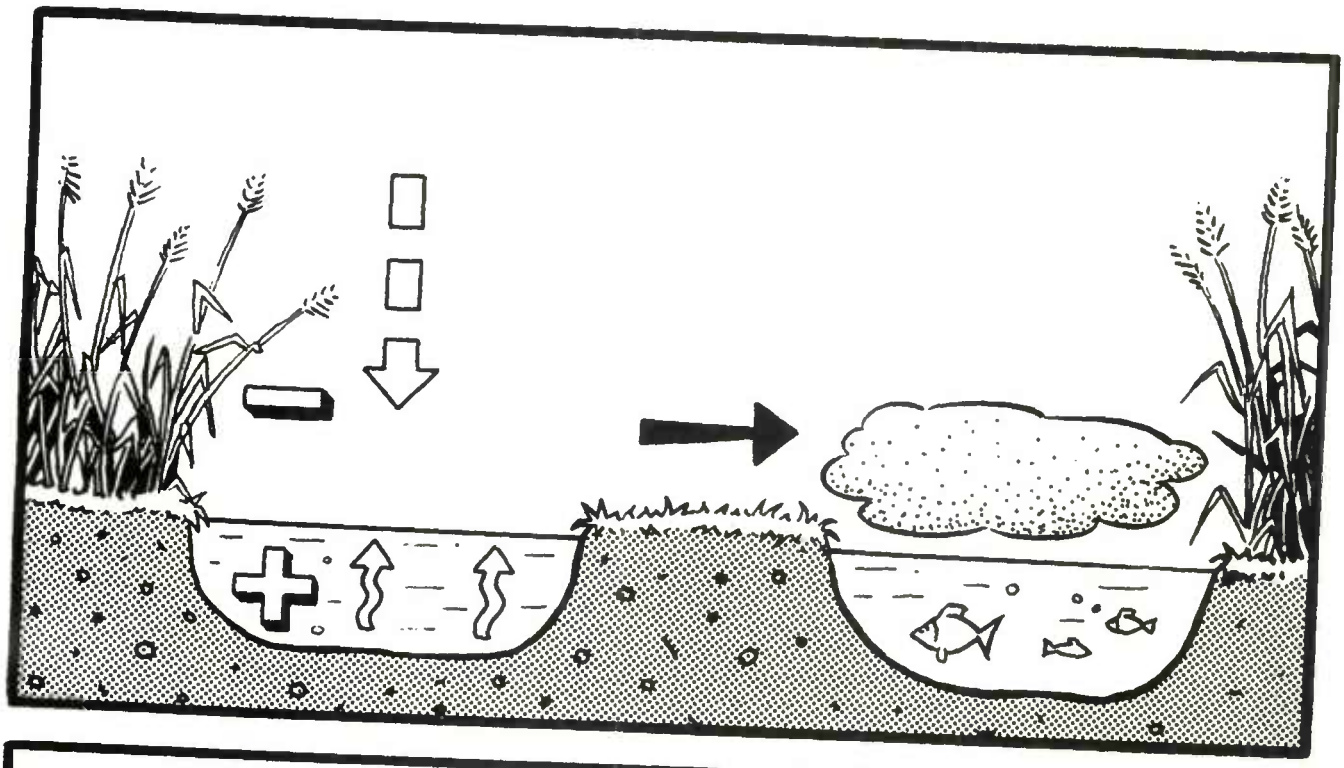
La température du point de rosée est souvent notée $\mathbf{T_d}$.

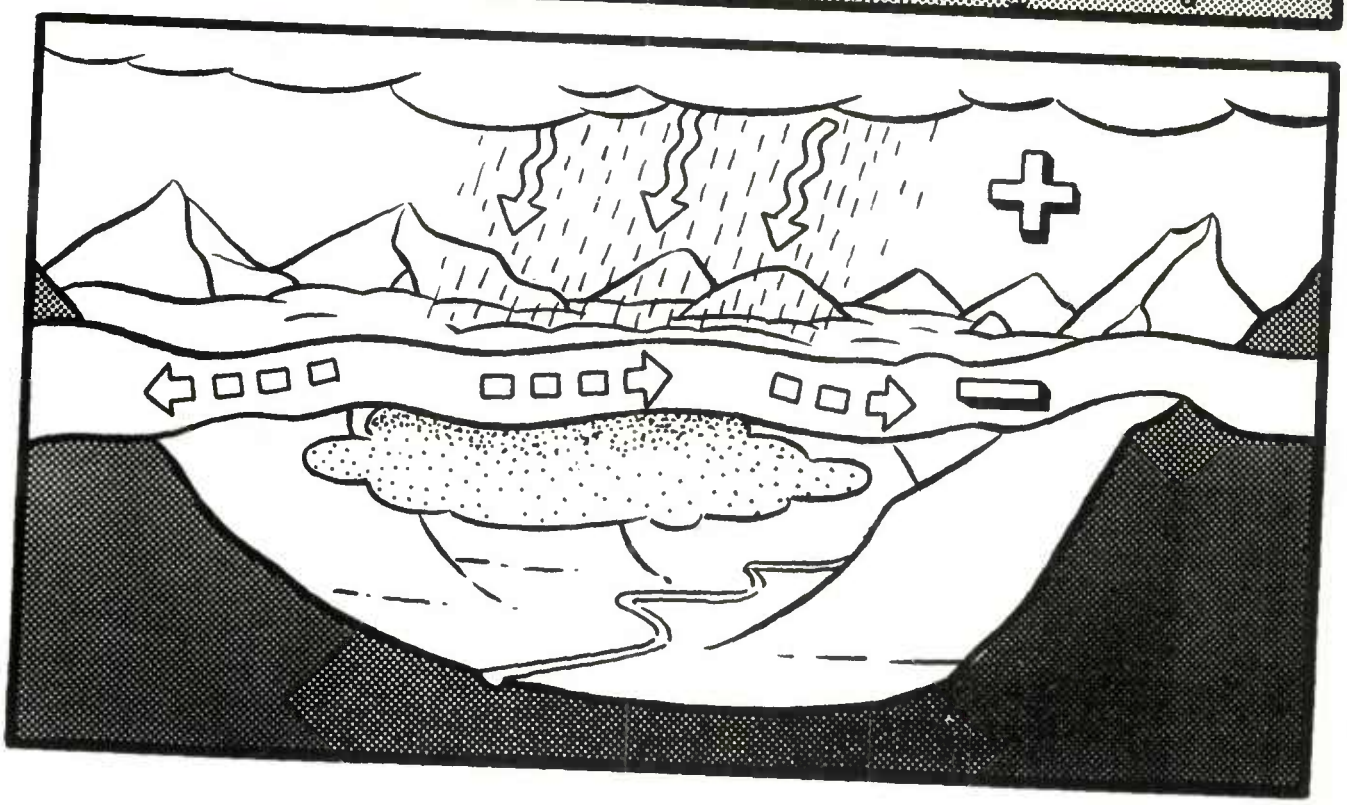
Le **diagramme de l'air humide** est une représentation graphique simplifiée permettant de déterminer les différents états d'une masse d'air.

Connaissant deux grandeurs caractéristiques de l'air humide, on peut placer le point figuratif de celui-ci sur le diagramme et déduire les autres caractéristiques.

Ce diagramme permet de reproduire graphiquement les évolutions de l'air durant une phase de refroidissement, de réchauffement ou d'humidification.

CONDENSATION DANS LA MASSE D'AIR BROUILLARDS





CONDENSATION DANS LA MASSE D'AIR BROUILLARDS

Les **brouillards** constituent une source d'humidité potentielle qui peut entraîner le mouillage de la surface de chaussée.

La classification la plus rationnelle des brouillards est basée sur leur mode de formation :

— brouillards formés par **évaporation** : brouillards de lacs, rivières ou mers et brouillards frontaux,

— brouillards formés par le **mélange** de deux masses d'air,

— brouillards formés par le **refroidissement de l'air**

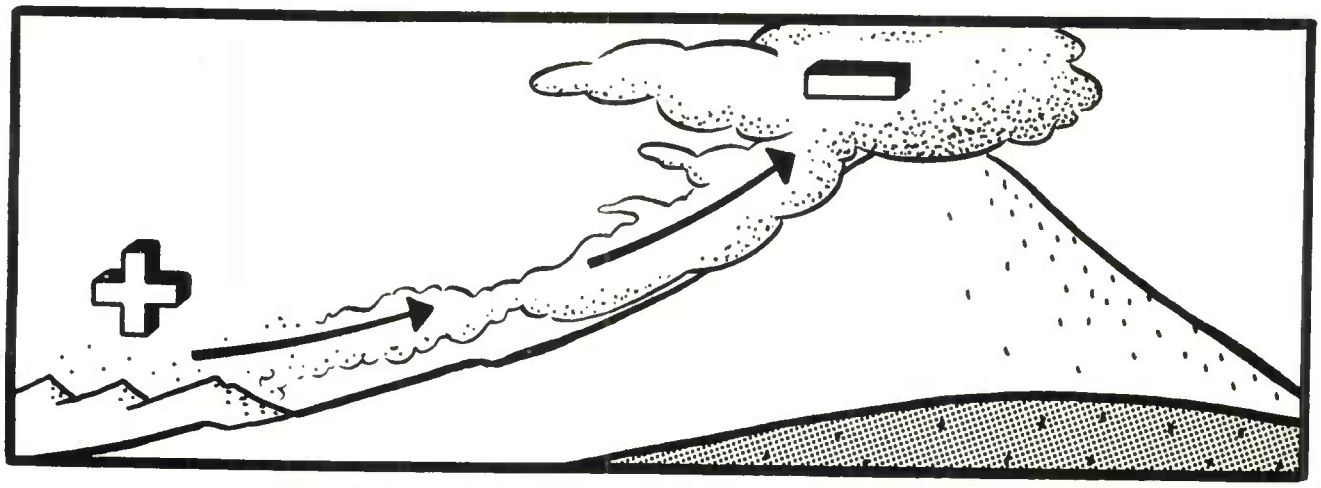
- refroidissement par détente,
- refroidissement non adiabatique,
  - △ le brouillard d'advection,
  - △ le brouillard de rayonnement.

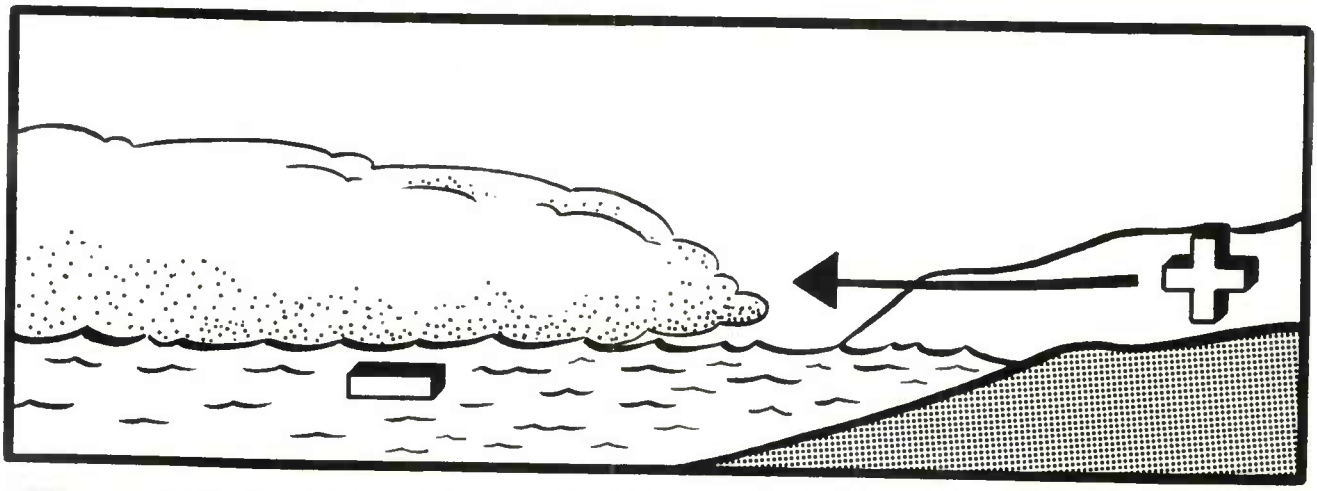
Tous ces brouillards surviennent alors que le couple température et humidité de l'air atteint :

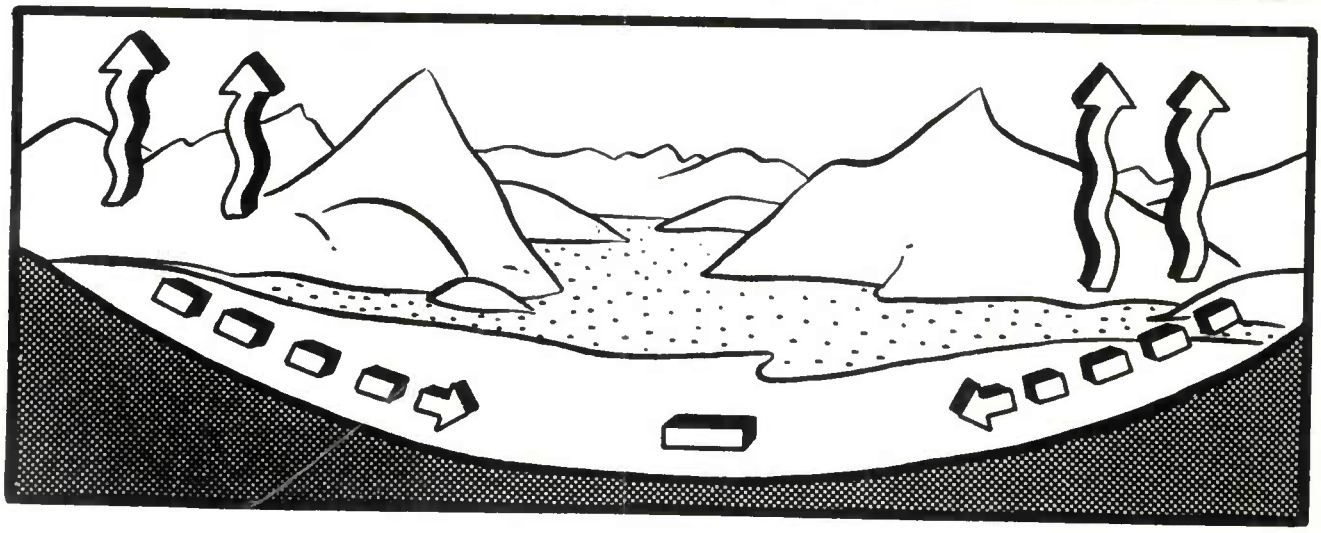
— la **température de rosée,** il s'agit alors de fines gouttelettes d'eau qui se forment et restent en suspension si le phénomène d'agglomération est réduit ou que le vent reste faible pour assurer un brassage des basses couches de l'atmosphère (au-dessus de 1,5 m/s on considère qu'il n'y a plus de brouillard) ;

— la **température de givre,** il s'agit alors de fines gouttelettes d'eau en surfusion qui se cristallisent en s'accrochant à la végétation ou aux véhicules. Ce brouillard givrant peut tomber localement au sol et former du verglas.

CONDENSATION DANS LA MASSE D'AIR BROUILLARDS







C'est le cheminement thermohydrique de la masse d'air qui permet de distinguer les divers cas de brouillard.

■ **Le brouillard d'évaporation** est généralement provoqué :

• soit par le contact d'une masse d'air froide avec une nappe d'eau plus chaude,

• soit, par des précipitations « chaudes » qui traversent de l'air plus froid. L'évaporation provoque alors la saturation de la masse d'air.

Attention aux zones de lac, cours d'eau, radoucissements brutaux de l'atsmophère par précipitations.

■ **Le mélange de deux masses d'air de caractéristiques différentes** provoque la formation de brouillards, la quantité d'eau condensée est généralement réduite.

■ **Le brouillard par refroidissement, par détente**, est observé lorsqu'une masse d'air saturée est obligée de s'élever pour franchir une colline, une montagne, un relief. La détente de la masse d'air provoque la condensation.

Attention aux sommets des reliefs qui sont alors pris dans le brouillard qui peut devenir givrant.

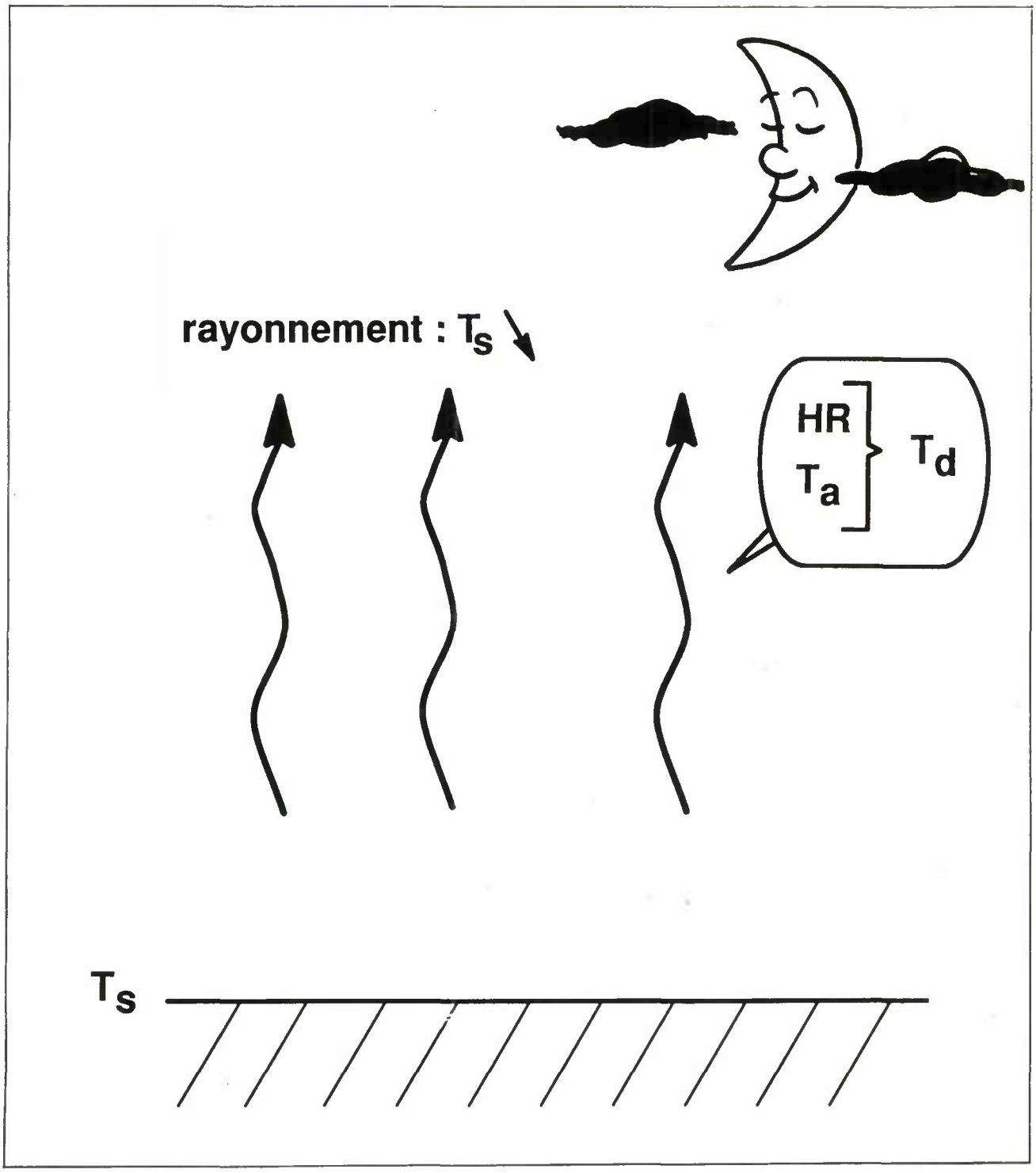
■ **Le brouillard d'advection** se produit lorsqu'une masse d'air d'humidité relative élevée, se déplace horizontalement sur un sol dont la température est bien plus basse que celle de l'air.

Attention à ce phénomène en fin de période de gel, cela peut conduire à un brouillard givrant.

■ **Le brouillard de rayonnement** est provoqué par un abaissement de la température de la masse d'air au contact d'un sol qui s'est refroidi par rayonnement. Le phénomène n'est observé que si la masse d'air présente une humidité relative élevée.

Tous ces brouillards peuvent localement provoquer du verglas si la température de l'air ou de la chaussée deviennent inférieures à 0 °C.

CONDENSATION DE SURFACE



CONDENSATION DE SURFACE

Le phénomène de condensation de surface est observé chaque fois qu'un objet situé dans une masse d'air voit sa température de surface devenir inférieure à la température de rosée de cette dernière.

Il y a alors captation de la vapeur d'eau par la surface (ce processus est très largement utilisé dans les échangeurs thermiques).

Dans la nature ce phénomène est observé couramment, il conduit à la formation de rosée au petit matin sur la végétation (herbe, arbre...) et sur les glissières.

Ce mécanisme est provoqué par un abaissement de température par rayonnement des différents objets. Si la masse d'air qui les entoure est proche de la saturation (HR voisine de 100 %) leur température de surface sera rapidement inférieure à la température du point de rosée de l'air.

Dans certains cas, ce phénomène se produit sur la chaussée, plus rarement que sur les végétaux, car celle-ci possède une forte inertie thermique.

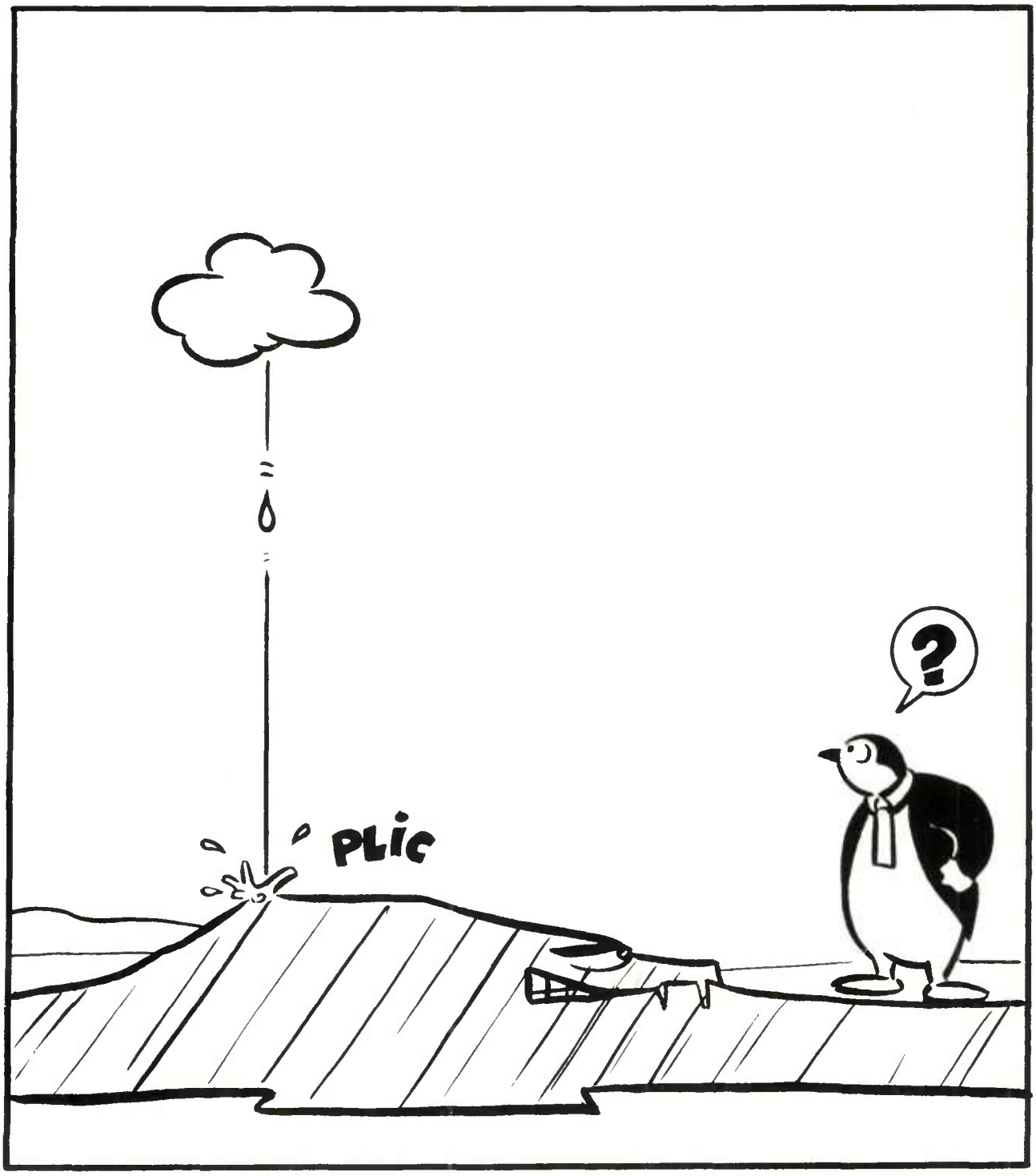
En hiver (température de surface négative), le phénomène de condensation solide, provoque la formation de gelée blanche.

Sur la chaussée cela entraîne une perte d'adhérence.

Cas particuliers

Si les arbres bordant les chaussées sont seuls affectés par ce phénomène, la fusion de cette gelée blanche au lever du soleil peut entraîner localement le mouillage du revêtement et la formation de verglas sur la chaussée.

PRÉCIPITATIONS NATURE ET QUANTITÉ



PRÉCIPITATIONS NATURE ET QUANTITÉ

Les précipitations peuvent se présenter sous forme uniforme (intermittente ou continue) ou sous forme d'averses (début et fin brutaux).

On peut distinguer deux états possibles :

■ **Les précipitations qui arrivent au sol sous forme liquide :**

— la pluie : gouttes d'eau de diamètre > 0,5 mm ou de gouttes plus petites et dispersées.

En hiver, dans certains cas, cette eau peut se trouver en surfusion et se congeler à l'impact au sol,

— la bruine : gouttes d'eau de diamètre < 0,5 mm très rapprochées les unes des autres.

En hiver, même risque de surfusion.

Conséquences routières : l'adhérence pneumatique-chaussée va dépendre de la capacité du revêtement à évacuer la lame d'eau qui précipite.

■ **Les précipitations qui arrivent au sol sous forme solide :**

— la neige : cristaux de glace ramifiés, parfois étoilés, agglomérés en flocons quand la température est supérieure à – 5°C,

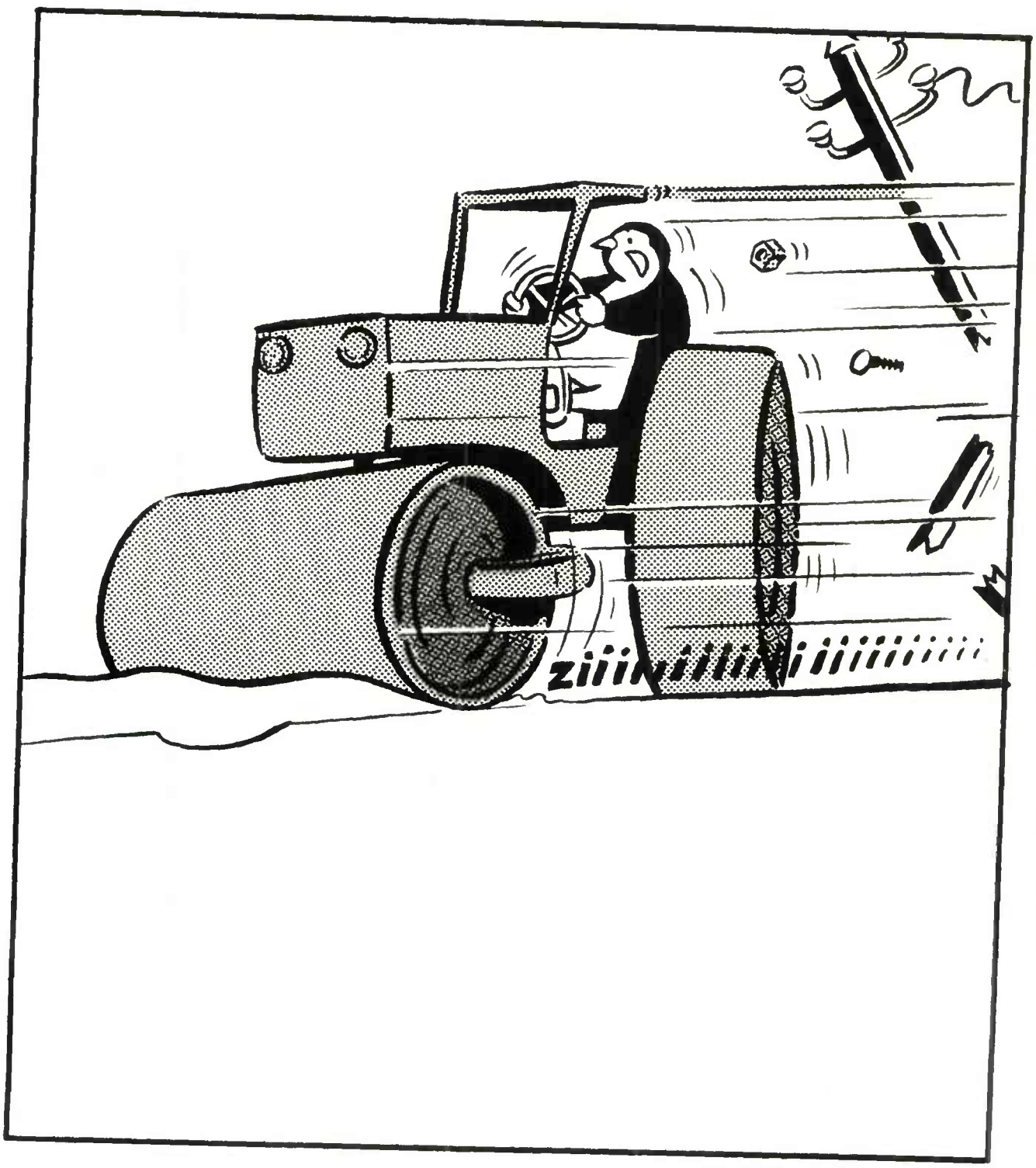
— la neige roulée : grains de glace blancs et opaques généralement sphériques d'un diamètre de 2 à 5 mm, ils rebondissent au sol ; s'observe aux alentours de 0°C,

— neige en grains : très petits grains relativement plats, inférieurs à 1 mm,

— grésil : granulés de glace transparente ou translucide, de diamètre inférieur à 5 mm. Ce sont des gouttes de pluie qui se cristallisent au voisinage du sol,

— grêle : granules ou morceaux de glace d'un diamètre de 5 à 50 mm.

PRÉCIPITATIONS NATURE ET QUANTITÉ



Conséquences routières

Dépend essentiellement de la température initiale de la surface de chaussée et la quantité précipitée.

- Si la température de la chaussée est > 0 °C et si la quantité précipitée est faible, il y a fusion et la chaussée draine l'eau formée tout en se refroidissant.
- Si la température de la chaussée est > 0 °C et si la quantité précipitée est élevée, il y a fusion partielle, refroidissement de la surface, maintien sur la chaussée d'une bouillie (eau-glace), arrêt de la fusion par manque d'énergie et maintien du phénomène sur le revêtement avec perte d'adhérence.
- Si la température de la chaussée est < 0 °C, le phénomène se maintient en l'état sur le revêtement.

Attention au compactage et à la transformation du phénomène par le trafic entraînant une dégradation progressive de l'adhérence résiduelle.

CYCLE DE L'EAU SUR LA CHAUSSÉE

CYCLE DE L'EAU SUR LA CHAUSSÉE

Sous précipitation liquide l'eau qui couvre la chaussée va occuper les creux offerts par la macrorugosité du revêtement.

Si la précipitation est très importante, la hauteur d'eau peut dans certains cas dépasser le sommet des granulats, il y a alors formation d'une lame d'eau qui est généralement la cause d'aquaplanage.

La capacité d'évacuation de l'eau et du maintien d'un bon niveau d'adhérence dépend avant tout de la pente transversale de la chaussée puis de sa macrotexture.

Après la précipitation, l'eau se draîne naturellement par gravité vers l'accotement ce qui demande 5 à 10 minutes. Il ne subsiste alors sur le revêtement que l'eau interceptée par les « micro-lacs » intergranulaires qui ne peuvent communiquer entre eux.

Cette quantité d'eau interceptée varie suivant les revêtements :

— les bétons bitumineux, environ 200 g/m^2,

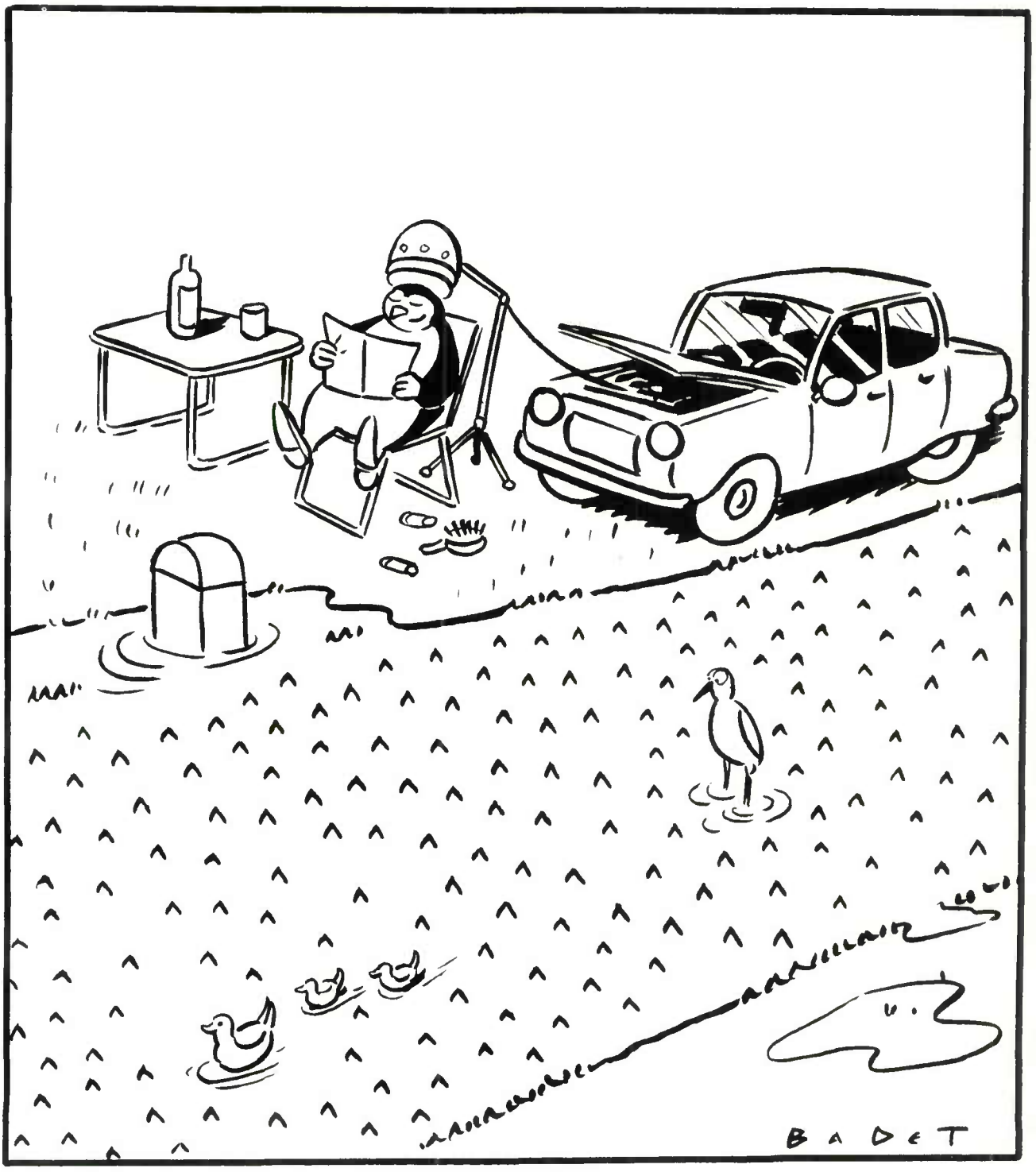
— les enduits superficiels, environ 300 g/m^2,

— les bétons bitumineux très minces, environ 500 g/m^2, voire dans certains cas 800 g/m^2.

Le cas des enrobés drainants est particulier car l'eau précipitée en surface va s'écouler **lentement** au travers du revêtement (vitesse 0,20 cm/s).

Le drainage naturel par l'épaisseur de ce revêtement **est bien plus long** qu'à la surface d'un revêtement traditionnel, il peut demander de 1 à 2 heures. La quantité d'eau piégée dans le revêtement **après drainage** est alors d'environ 200 à 300 g/m^2.

CYCLE DE L'EAU SUR LA CHAUSSÉE



La vitesse de séchage du revêtement dépend alors de la quantité d'eau retenue par la surface et de facteurs extérieurs favorisant l'évaporation.

Ces derniers sont liés au :

— climat : le vent, le soleil, la température du revêtement, l'humidité de l'air,

— trafic : les pneumatiques relèvent une partie de l'eau au sol entraînant une vaporisation partielle de celle-ci et son rejet au loin.

Le séchage s'effectue en premier dans les traces de roulement, puis dans la bande entre traces. Il existe souvent une période transitoire de séchage où les sommets des granulats sont secs (adhérence d'un revêtement sec) alors que la surface présente visuellement un aspect humide.

En hiver, il est intéressant de tenir compte de ces divers aspects pour traiter aux fondants :

— laisser ressuyer la surface de la chaussée avant de traiter (évite un entraînement inutile du fondant),

— tenir compte de la quantité d'eau interceptée par la surface du revêtement et de la température prévisible pour ajuster son dosage,

— mettre à profit la période de séchage en évitant de traiter, ce qui fixerait l'eau.

EFFET DES FONDANTS SUR LE MOUILLAGE DE LA SURFACE DES CHAUSSÉES

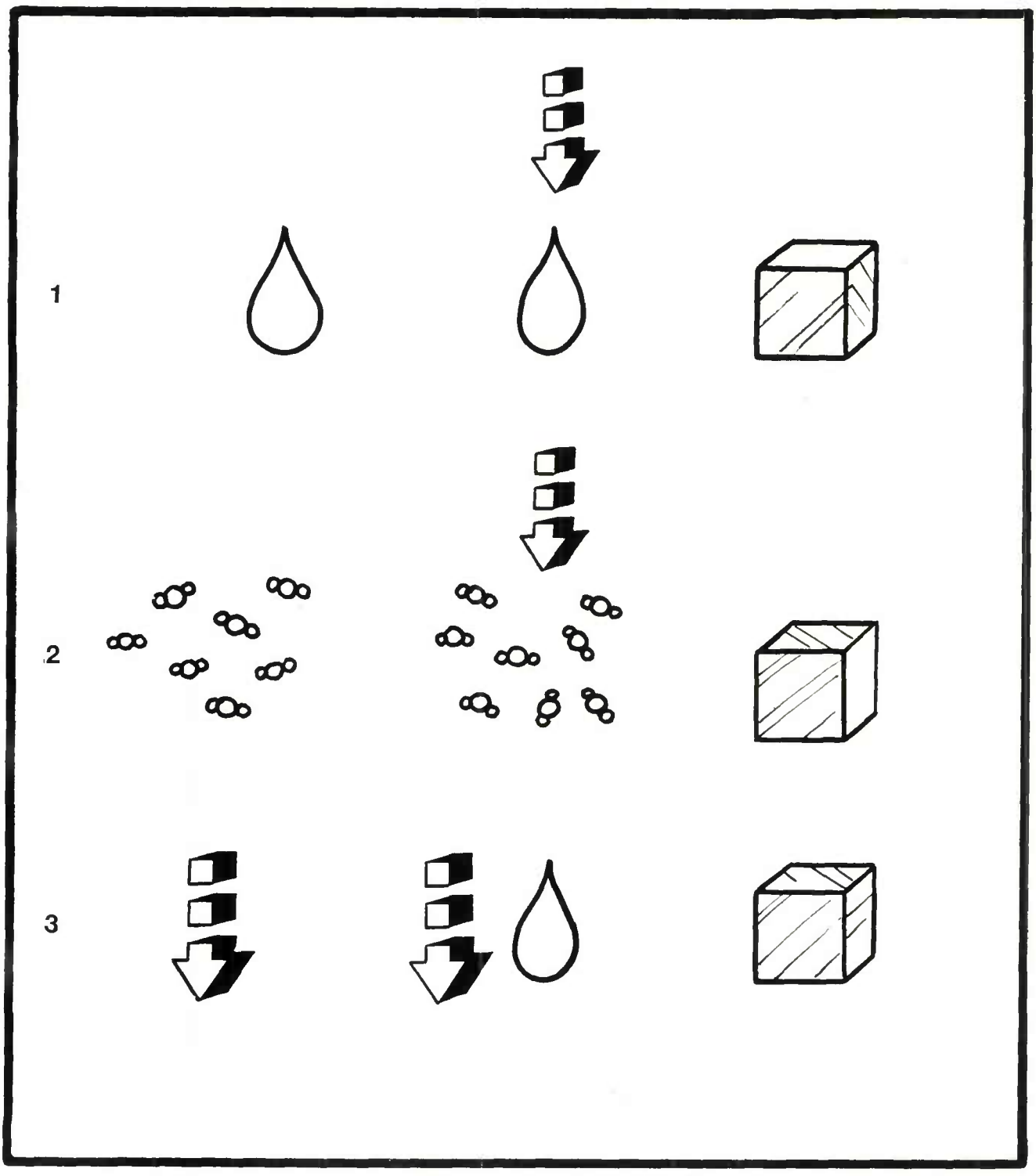
EFFET DES FONDANTS SUR LE MOUILLAGE DE LA SURFACE DES CHAUSSÉES

Les fondants ioniques couramment utilisés ($NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$) sur les chaussées sont très hygroscopiques. Ils maintiennent donc une humidité permanente à la surface du revêtement tant qu'ils y subsistent. Seul un lessivage de la surface par précipitations permet leur élimination totale.

L'emploi de fondants provoque donc une durée de mouillage des surfaces routières traitées deux fois plus longue que celles non traitées. Par voie de conséquence, cela entraîne une réduction de l'adhérence offerte à l'usager pendant une période de temps supérieure.

La quantité d'eau fixée à la surface de la chaussée dépend du grammage de fondants et de l'humidité de l'air.

DIFFÉRENTS TYPES DE VERGLAS



DIFFÉRENTS TYPES DE VERGLAS

Selon les conditions d'arrivée d'eau à la surface et de refroidissement **les** verglas vont être très différents dans leur nature, cela se traduira par des différences dans la glissance qu'ils induisent — la perception que les usagers en ont — leur épaisseur — leur durée, — les conditions de leur disparition...

La solution consiste :

— à bien comprendre les mécanismes de formation,

— à bien sentir (et pourquoi pas formaliser) les types de temps qui conduisent à leur matérialisation,

— à **adapter** la défense à l'attaque,

• en modulant la surveillance (nombre, heure et lieu des patrouilles),

• en modulant les traitements (préventif-précuratif = ponctuel-localisé-généralisé).

Voilà quelques éléments pour mieux connaître l'ennemi !

Nature des différents verglas

Présenter les situations.
Faire trouver les noms correspondants.

Trois cas sont à distinguer :

① L'eau est présente à la surface, le froid s'installe et la gèle (congélation d'humidité résiduelle, coulure, flaque donnant plaque de glace).

② Le refroidissement provoque à **la fois** l'apport d'humidité et la congélation (gelée blanche, givre blanc, brouillard givrant).

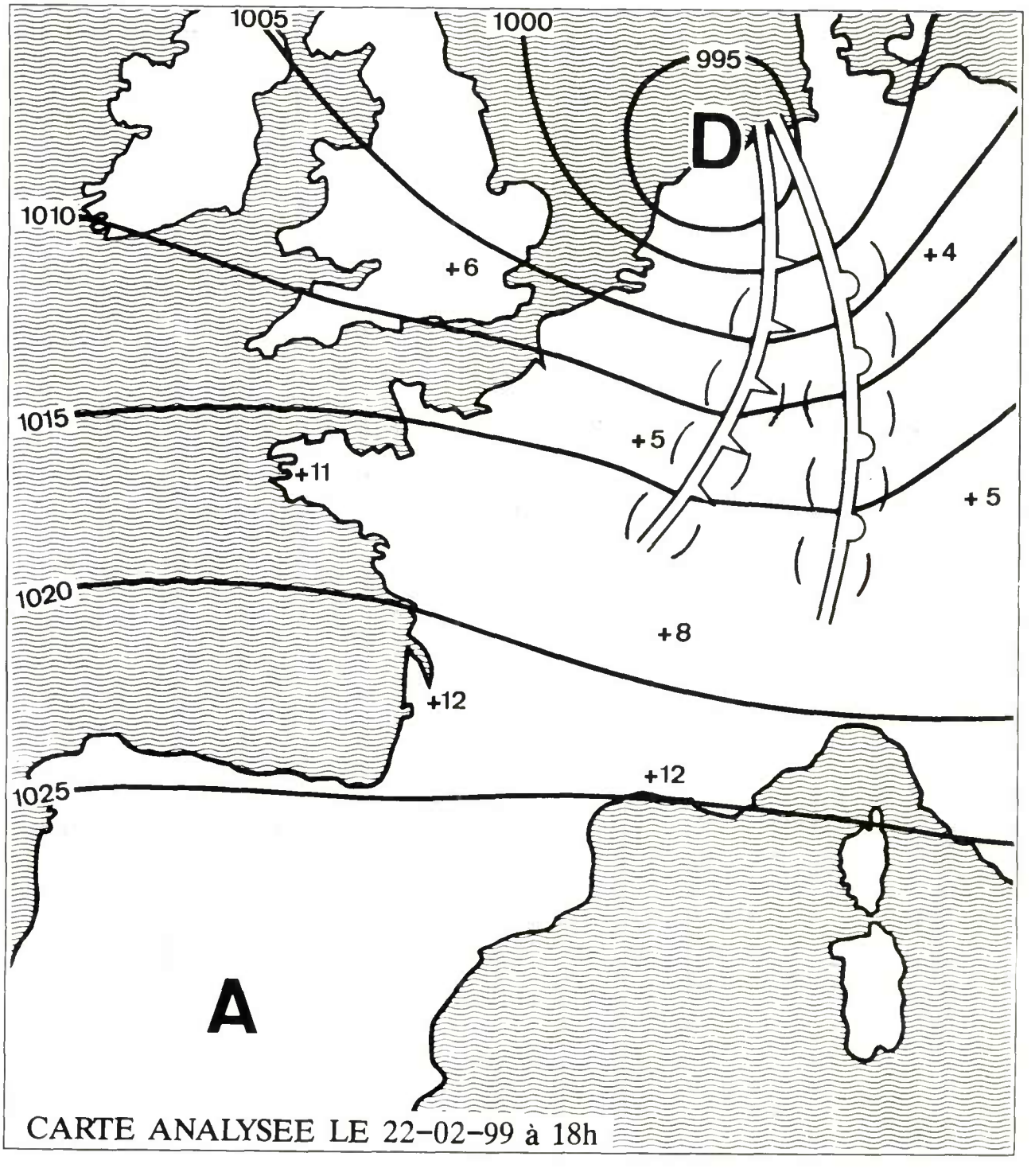
③ Le froid est installé. La chaussée est gelée (souvent en profondeur). L'apport d'eau correspond à un radoucissement (pluie sur sol gelé) ou à une arrivée intempestive (plaque de glace).

Deux cas particuliers peuvent être ajoutés à cette liste :

• la pluie en surfusion qui congèle instantanément en touchant le sol,

• la neige qui sous l'effet des variations de température et du trafic peut se transformer en glace très dense.

CONGÉLATION D'HUMIDITÉ PRÉ-EXISTANTE



CARTE ANALYSEE LE 22-02-99 à 18h

CONGÉLATION D'HUMIDITÉ PRÉ-EXISTANTE

Description physique de la formation du verglas

L'eau résiduelle (pluie antérieure, reliquat de fonte de la neige, fonte de bourrelet, humidité due au fondant, arbres...) à la surface est refroidie par effet radiatif (déperdition de calories sur l'espace nocturne) ou (et) convectif (absorption de la chaleur latente lors de l'évaporation éolienne de l'eau).

Conditions météorologiques de formation et durée du phénomène

Outre les conditions ayant entraîné l'humidité pré-existante, il faut une éclaircie nocturne générant un fort rayonnement pour refroidir suffisamment la chaussée :

— sans vent : peut se produire jusqu'à 3 à 4 °C de température de l'air ;

— avec vent : l'air ne doit pas dépasser 1 à 2 °C.

Facilité de prévision par la météo

Le risque d'éclaircies est assez facile à prévoir à court terme.

Il est par contre impossible de préciser :

— leur localisation,

— leur période,

— leur durée.

Etendue du phénomène

Fonction de la source d'humidité.

Conditions de disparition de la glissance hors traitement

La disparition est liée soit à un réchauffement aérien important (rare en fin de nuit), soit aux premiers rayonnements solaires.

CONGÉLATION D'HUMIDITÉ PRÉ-EXISTANTE

1005
1000
D
1010
+1
-2
+1
1015
+5
+1
0 *
AVERSES DE NEIGE
PLUIE
+2
-2
+2
1020
+4
+7
1025
+6
+6
A

CARTE PREVUE LE 23-02-99 à 4h

Perception par l'usager

Bonne si l'humidité est localisée et non banalisée.

Mauvaise sur tous les itinéraires salés préventivement.

Attention à « **l'effet de serre** » (fausse perception par l'usager de la température extérieure par fort ensoleillement).

Epaisseur sur la chaussée

Inférieure 1/20 mm soit moins 50 g d'eau/m^2.

Détection

Détection des zones humides aisée en début de nuit.

Préventif

A éviter, on empêcherait toutes possibilités de séchage.

Surveiller les conditions de séchage et réaliser un précuratif en cours de nuit en fonction de l'évolution du temps.

Curatif

Facteurs aggravants

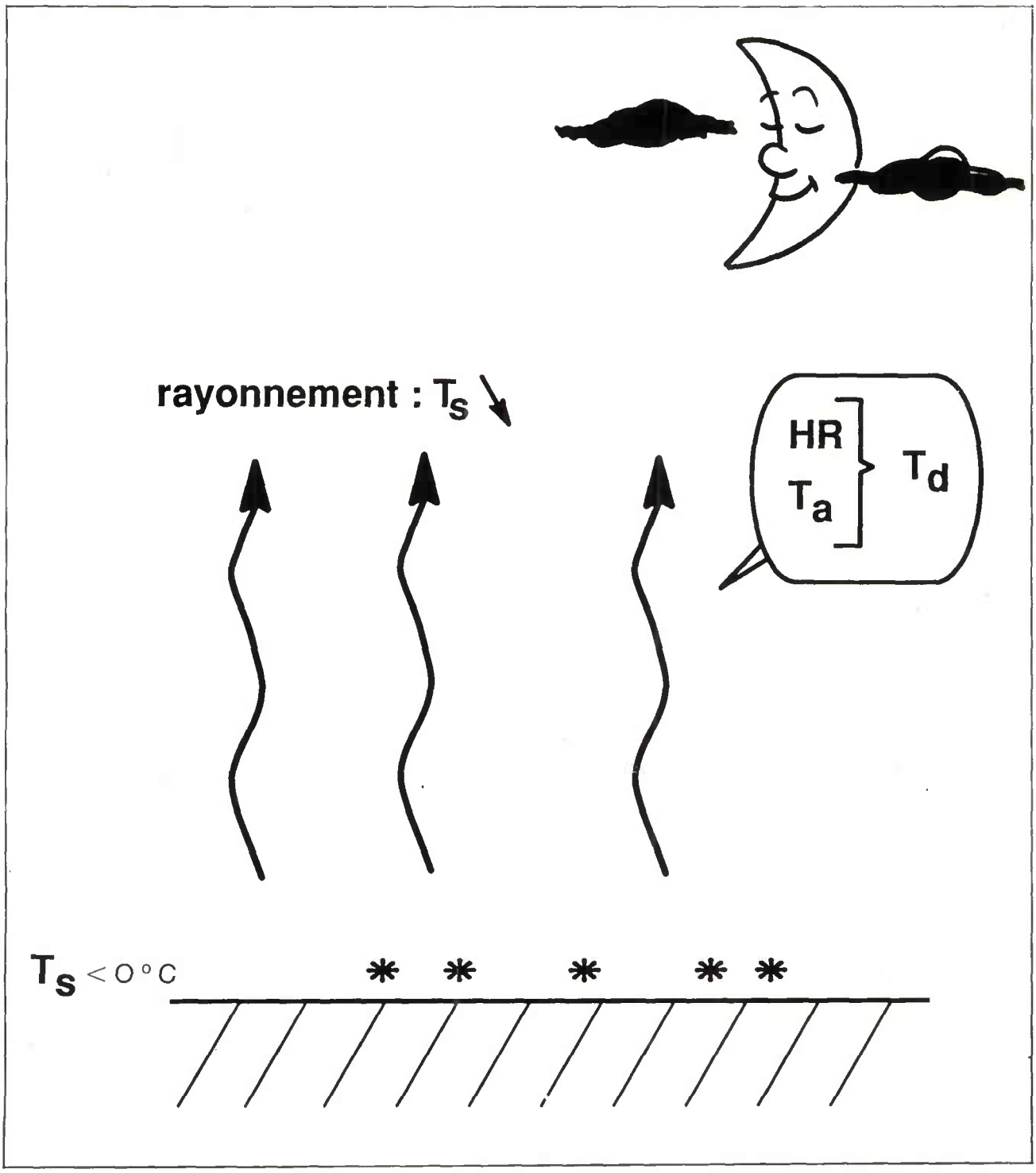
- Traversées de forêts, arbres en rives.
- Zones d'ombre.
- Chaussée en dévers (bourrelets).
- Chaussée déformée évacuant mal les eaux superficielles.
- Trafic très faible.
- Résurgences d'eau (attention au défaut normal d'entretien).
- Chaussée lisse ou trop plate.
- Vent nul.

Facteurs favorables

- Vent fort.
- Humidité de l'air < 90 %.
- Trafic lourd et rapide.

D'une façon générale, tous les facteurs favorables à l'évaporation.

GELÉE BLANCHE



GELÉE BLANCHE

1. Définition

C'est un dépôt de glace cristalline qui prend le plus souvent la forme d'écailles, d'aiguilles, de plumes ou d'éventails.

2. Processus de formation

La gelée blanche se forme, lors du refroidissement nocturne, par condensation solide d'une partie de la vapeur d'eau contenue dans une fine couche d'air à proximité du sol.

3. Sites propices à la formation

La gelée blanche se forme de préférence sur tous les objets présentant des aspérités dans la couche saturée de vapeur d'eau près du sol.

Les zones humides sont privilégiées : forêts, berges, ponts...

Les endroits exposés au Nord ou en altitude.

L'état du sol joue un rôle important : froid et humide.

Un sol mauvais conducteur thermique favorise l'apparition de gelée blanche.

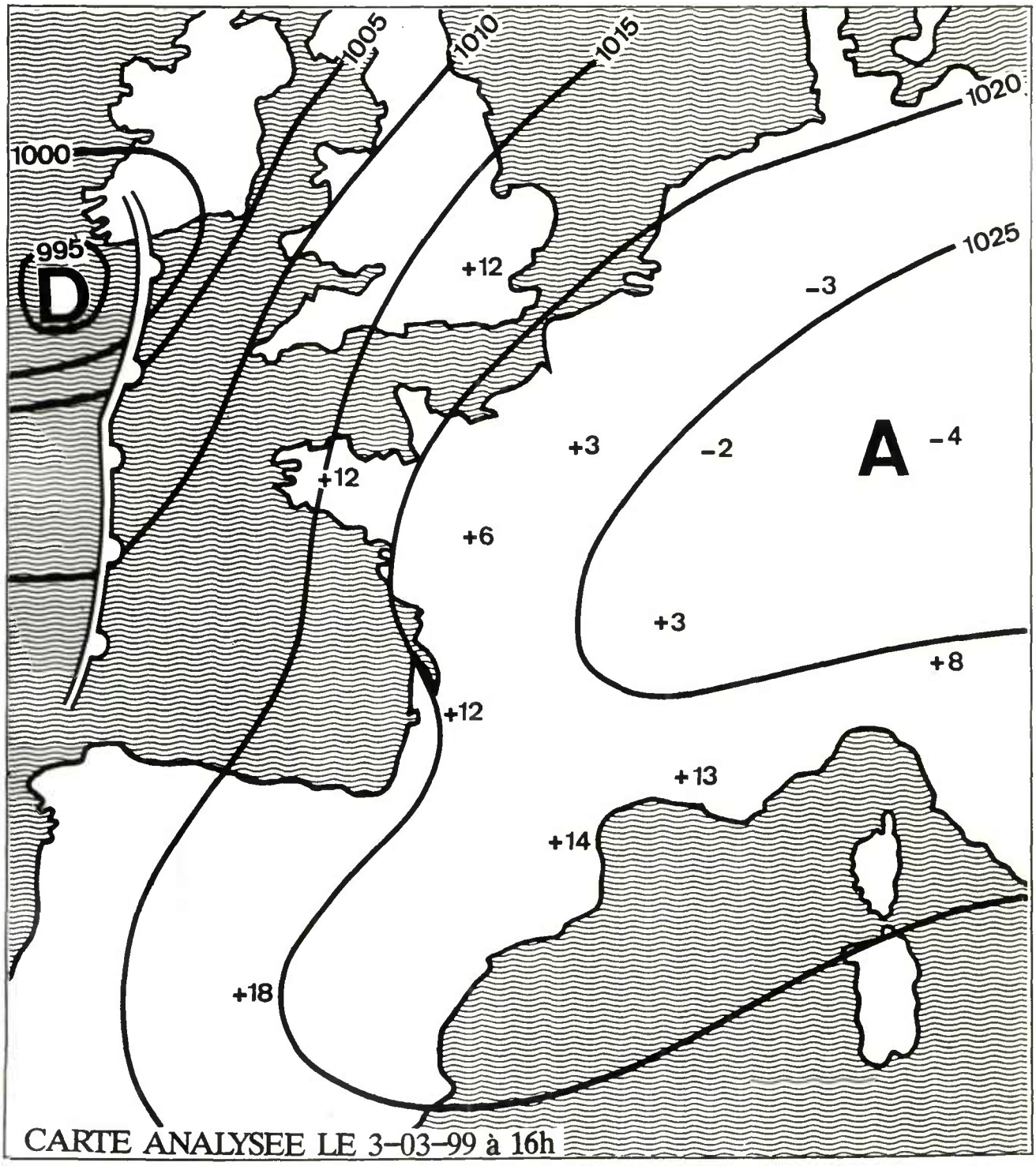
4. Situations météorologiques favorables

Ciel clair favorisant le rayonnement nocturne (refroidissement du sol et des très basses couches). De l'air humide avec une température de point de rosée voisine de 0 °C. Le cas le plus typique reste celui des conditions anticycloniques hivernales.

5. Remarques

Ce phénomène est très fréquent en automne, en hiver et au printemps, cependant il est le moins dangereux parmi les cas de verglas routier. Il arrive néanmoins, dans certains cas que la pellicule de cristaux de glace soit suffisamment épaisse pour provoquer une perte d'adhérence sur la chaussée.

GIVRE BLANC



CARTE ANALYSEE LE 3-03-99 à 16h

GIVRE BLANC

Description physique de la formation du verglas

A la saturation, une masse d'air refroidie libère de l'eau de condensation. Si ce refroidissement se produit en dessous de 0 °C, il y a directement sublimation (passage de l'état vapeur à l'état solide).

La chaussée joue le rôle de face froide ($\Theta < 0$ °C).

Conditions météorologiques de formation et durée du phénomène

S'observe à la fin d'une période de froid intense, à l'avant d'une masse d'air plus douce et plus humide.

La température de l'air augmente rapidement et est supérieure à celle de la chaussée. Ce phénomène est uniquement nocturne.

L'humidité relative augmente en même temps que la température.

Le givre va apparaître peu après le début de la remontée de température de l'air et dure généralement jusqu'au début de matinée.

Facilité de prévision par la météo

Ce phénomène, assez fréquent, est relativement facile à prévoir mais la localisation est purement liée à des données micro-climatiques.

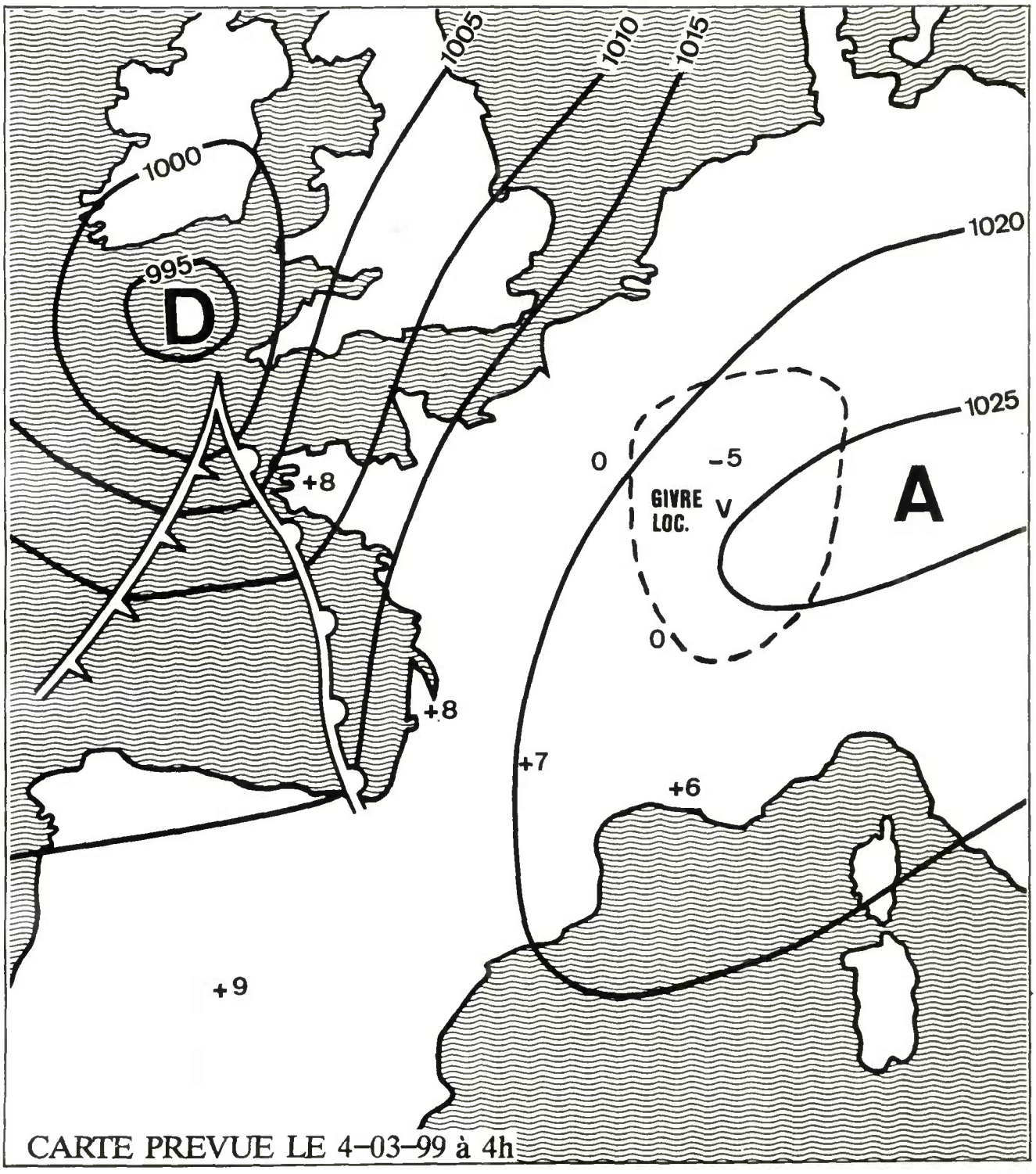
Etendue du phénomène

Principalement zones froides et (ou) humides.

Conditions de disparition de la glissance hors traitement

Le givre disparaît très rapidement aux premiers rayons du soleil et rapidement suite à la remontée de la température de l'air.

GIVRE BLANC



CARTE PREVUE LE 4-03-99 à 4h

Perception par l'usager

Très facile à localiser sur la chaussée en raison du dépôt blanc brillant la nuit.

Epaisseur sur la chaussée

Jusqu'à 1 mm.

Détection

Le givre se dépose préférentiellement sur les objets se refroidissant le plus (glissières, véhicules) par temps clair.

Seuls les sommets des granulats peuvent être affectés.

Préventif

Un très léger grammage résiduel (2 à 3 g/m^2 de sel) suffit à empêcher la glissance. Le givre se dépose fréquemment sur cette pellicule salée et s'élimine alors sous l'effet du trafic.

Curatif

Sans salage préalable, le givre se compacte sous les pneumatiques (phénomène très rapide) et devient très glissant.

Il s'élimine très rapidement par un salage léger quelle que soit la forme du fondant.

Facteurs aggravants

Zone ventée :
- refroidissement préalable plus intense,
- apport de plus d'humidité atmosphérique.

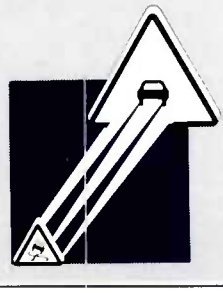
Zone froide :
- hauteur,
- ombre,
- ouvrage d'art.

Revêtement lisse.

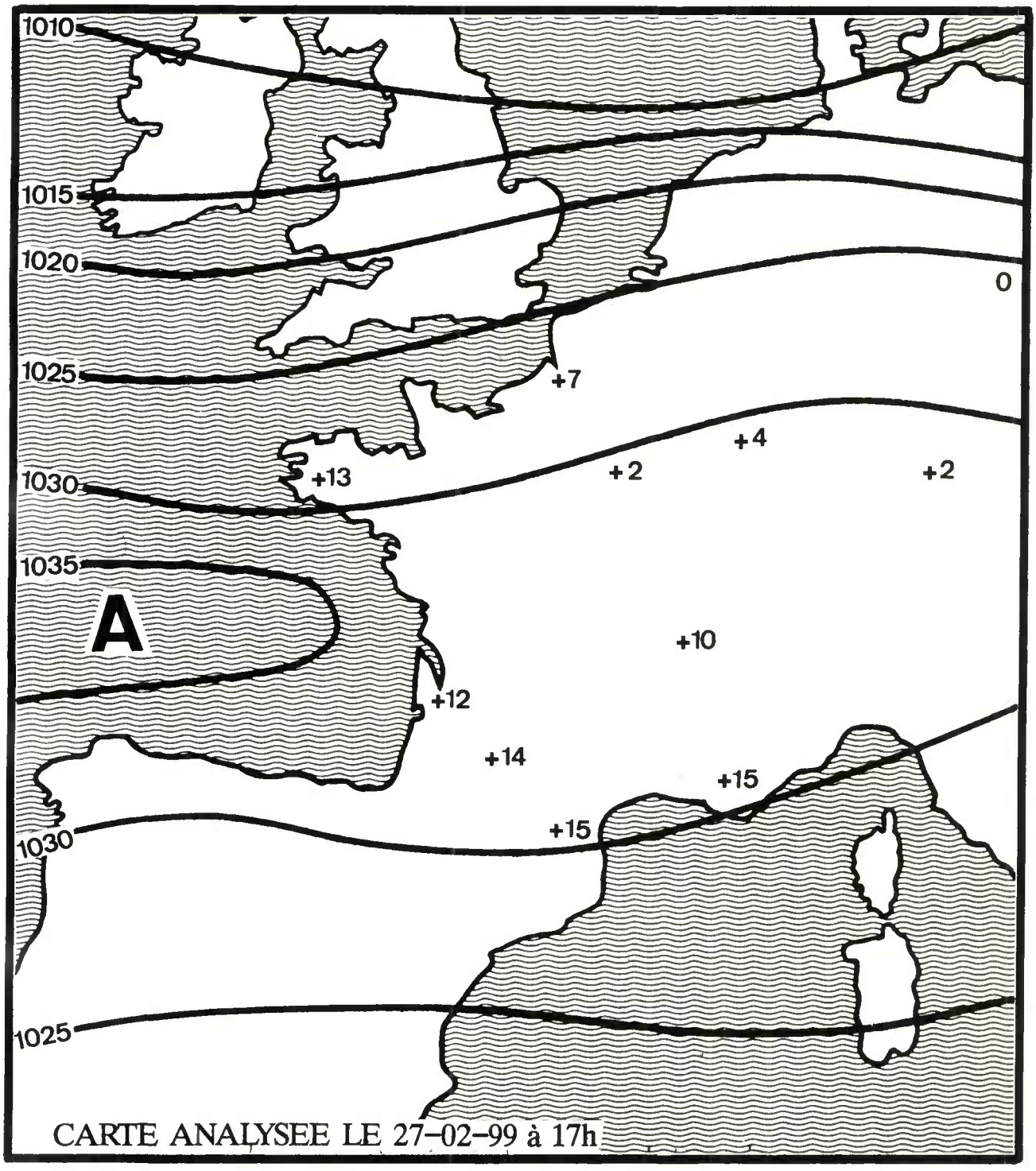
Proximité d'humidité non aérienne.

Facteurs favorables

Revêtement très rugueux.



BROUILLARD GIVRANT



CARTE ANALYSEE LE 27-02-99 à 17h

BROUILLARD GIVRANT

Description physique de la formation du verglas.

Dépôt de gouttelettes d'eau surfondue à une température inférieure à 0 °C sur la chaussée.

Conditions météorologiques de formation et durée de phénomène.

Brouillard d'advection ou de mélange avec forte condensation.
Température de l'air généralement entre 0 et – 3 °C.
Humidité relative ≥ 95 %.

— Vent calme ou très faible (1 à 2 m/s) en vallée.

— Jusqu'à 4 à 5 m/s en plateau.

En vallée, le brouillard se lève en stratus.

Sur les plateaux, le brouillard givrant peut se maintenir plusieurs jours.

Ce brouillard apparaît, en général, en deuxième moitié de nuit.

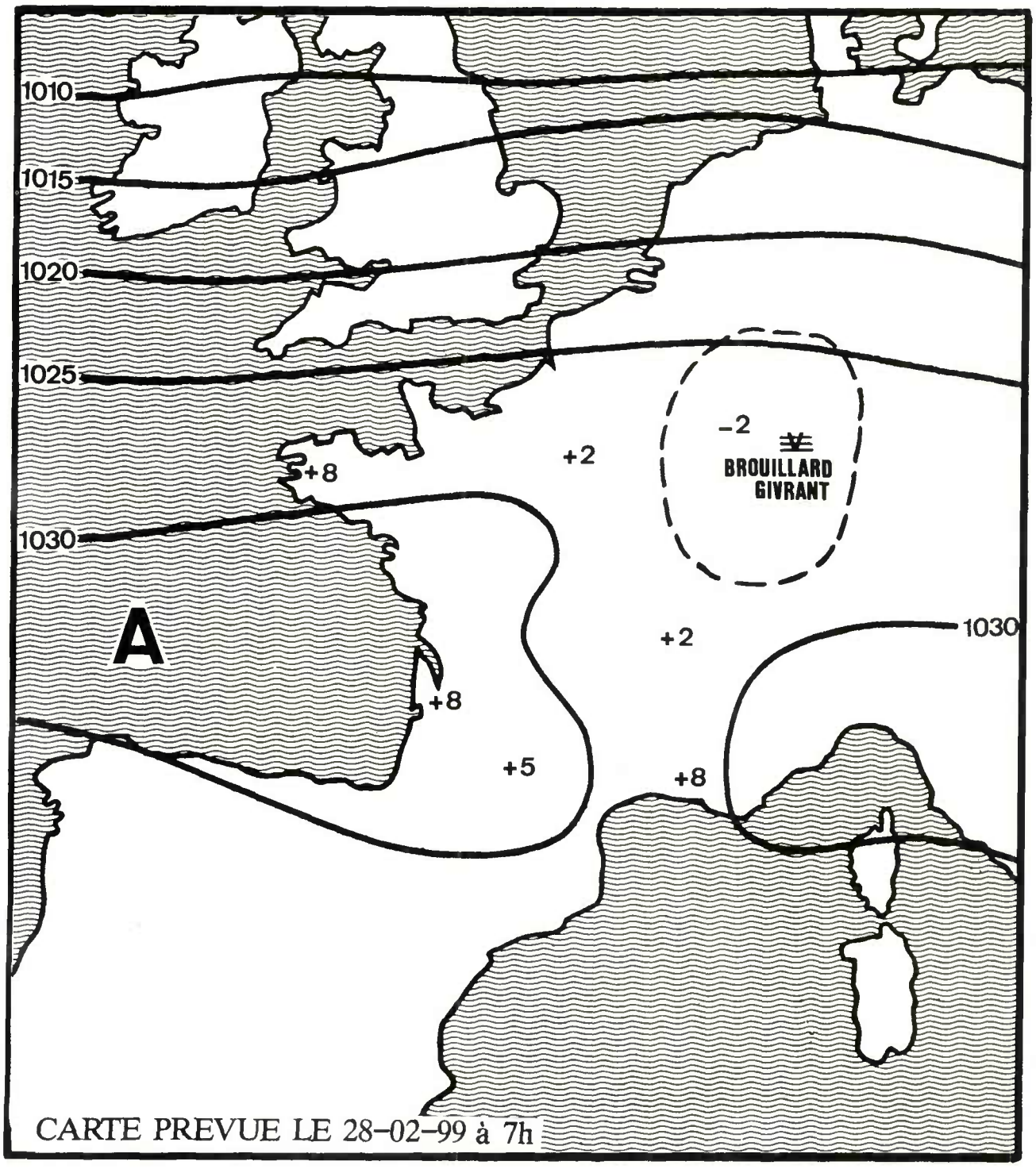
Etendue du phénomène.

En général, assez étendu.

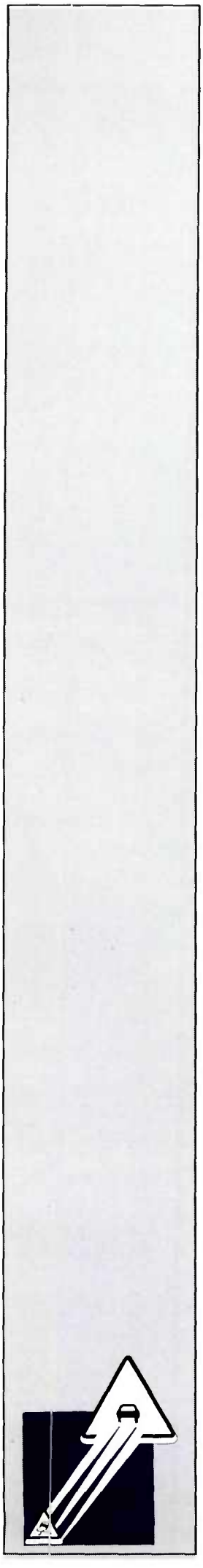
Conditions de disparition de la glissance hors traitement.

Disparition du brouillard
ou remontée de la température au-dessus de 0 °C.

BROUILLARD GIVRANT



CARTE PREVUE LE 28-02-99 à 7h



Perception par l'usager

Les conditions de visibilité réduite ne favorisent pas la bonne perception du phénomène.

Epaisseur sur la chaussée

Jusqu'à 1 mm.

Détection

Ce phénomène courant se traduit **rarement par des dépôts de glace au sol.**

Ces rares cas sont difficiles à prévoir même peu de temps à l'avance.

Préventif

Un dosage de 5 à 6 g de sel par m^2 empêchera l'adhérence de la glace sur le revêtement.

Curatif

La glace vive au sol formée nécessite des traitements particuliers (saumure, sel fin, bouillie) pour attaquer rapidement la couche dure.

Facteurs aggravants

Sol froid.

Absence de trafic.

Facteurs favorables

Trafic (surtout lourd ou rapide).

PLUIE FROIDE SUR SOL GELÉ

1005
1000
995
990
D
1010
AVERSES
0
PLUIE
VERGLAS
+2
NEIGE
-4
-2
1015
+4
+2
1020
A

CARTE ANALYSEE LE 24-01-99 à 15h

PLUIE FROIDE SUR SOL GELÉ

Description physique de la formation du verglas

La pluie à température faiblement positive tombe sur une chaussée très froide (< – 4 °C) et se refroidit très rapidement jusqu'à la congélation.

Conditions météorologiques de formation et durée du phénomène

Arrivée d'une perturbation pluvieuse balayant une masse d'air froid continental installé depuis plusieurs jours.

Le phénomène, fonction de la température de la chaussée et de l'importance de la pluie, dure rarement plus d'une heure.

Facilité de prévision par la météo

Relativement facile à prévoir (prévision synoptique). Localisation impossible en cas d'averse.

La température de la chaussée dépend de facteurs non météorologiques.

Etendue du phénomène

Peut être localisé (averses) ou généralisé.

Conditions de disparition de la glissance hors traitement

La pluie apporte des calories à la chaussée dont le réchauffement est proportionnel à l'importance de la précipitation.

PLUIE FROIDE SUR SOL GELÉ

1005
1010
1000
995
D
AVERSES DE NEIGE
1015
NEIGE
1020
1025
A

CARTE PREVUE LE 25-01-99 à 7h

Perception par l'usager

La pluie est directement perceptible, mais le début du phénomène de glissance est très surprenant. Les zones de verglas résultant d'averses sporadiques sont indétectables.

Epaisseur sur la chaussée

Jusqu'à 1 cm soit 10 000 g d'eau/m^2.

Détection

En cas de prévision de pluie sur sol gelé, suivre particulièrement les zones froides plus propices.

Préventif

Relativement efficace dans un premier temps si la pluie n'est pas trop brutale au début (cas général).

Insuffisant lors de la poursuite du phénomène.

Curatif

Très efficace sur la glace en formation (fort apport d'eau) sauf en saumure.

Beaucoup plus lent sur une glace vive formée.

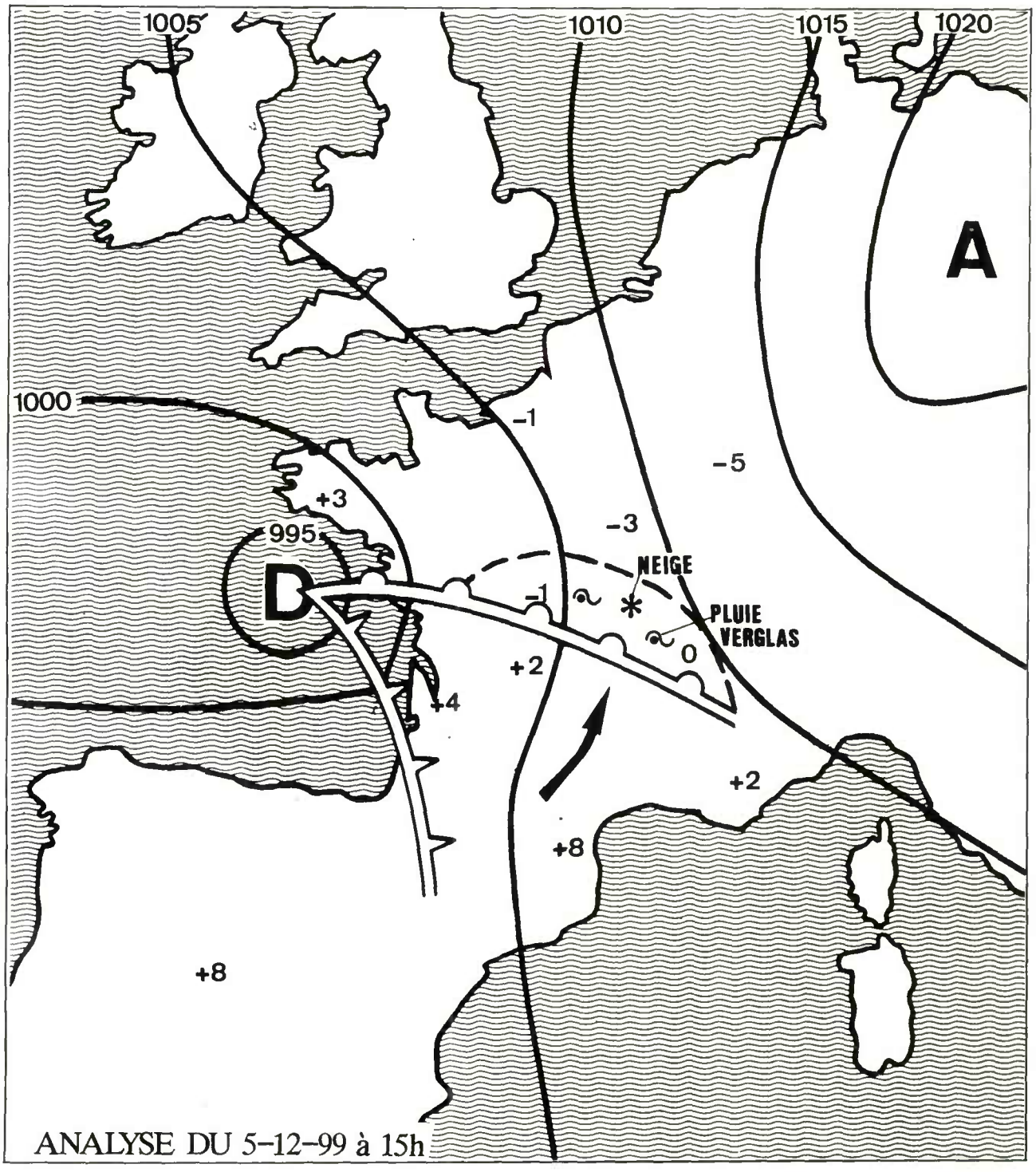
Facteurs aggravants

- Pluie nocturne.
- Zone froide :
  - nature et teneur en eau du sol,
  - altitude,
  - exposition,
  - courants d'air.
- Chaussée traditionnelle (réchauffement plus lent).
- Trafic faible.

Facteurs favorables

- Remontée rapide de la température de l'air (> 3 °C/heure).
- Soleil avant la pluie.
- Zone moins froide notamment bonne exposition.
- Chaussée moderne.
- Trafic élevé.

PLUIE EN SURFUSION



ANALYSE DU 5-12-99 à 15h

PLUIE EN SURFUSION

Description physique de la formation du verglas

L'eau en surfusion est une eau qui est restée à l'état liquide bien que sa température soit inférieure à 0 °C.

Ce comportement, assez rare, se produit lorsqu'aucune amorce de cristallisation de l'eau n'a pu être créée dans l'atmosphère.

Le moindre choc provoque une cristallisation instantanée.

Conditions météorologiques de formation et durée du phénomène

Se rencontre en situation perturbée, à l'avant d'une surface de discontinuité de front chaud ou de front froid à altostratus, quand l'isotherme 0 °C s'abaisse jusqu'au sol, ou que cette surface de discontinuité est dédoublée et que la tranche d'air chaud a une épaisseur supérieure à 300 mètres.

Le phénomène peut durer de 3 à 5 heures (la température de l'air est négative au début du phénomène et généralement croissante).

Facilité de prévision par la météo

Il est assez bien prévu.

Etendue du phénomène

Verglas généralisé.

Conditions de disparition de la glissance hors traitement

Cette pluie en surfusion se termine en général en pluie (radoucissement) entraînant la disparition rapide de la glace.

Exceptionnellement, la neige peut succéder à la pluie, à l'avant d'une masse d'air plus froid entraînant un phénomène très dangereux : la neige couvrant la glace.

PLUIE EN SURFUSION

1005
1010
1015
A
-5
-3
0
PLUIE
VERGLAS
1000
-1
NEIGE
995
+2
D
AVERSES
DE
PLUIE
+4
+6
+6
+8
+7

PREVISION DU 6-12-99 à 7h

Perception par l'usager

Le phénomène est directement perceptible au niveau des essuie-glace des véhicules.

Epaisseur sur la chaussée

Jusqu'à plusieurs centimètres.

Détection

Très facile à détecter sur place, la transformation de l'eau en glace étant instantanée même sur les parois verticales.

Préventif

Doit être réalisé le plus tard possible avant le début de la chute (camion en alerte en bout de circuit du côté de l'arrivée du phénomène). Le fondant doit être très soluble. De préférence, on utilisera du **sel fin.**

Curatif

La glace formée est épaisse et très compacte.

Attaque = produit très soluble = sel fin – calcium – saumure.

Complément = à suivre rapidement, sel solide ou bouillie.

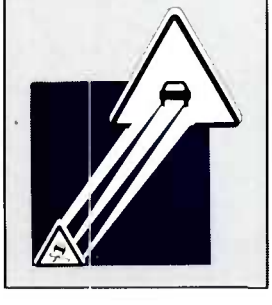
Raclage à la lame (acier de préférence) si + de 1 cm de glace.

Facteurs aggravants

- Chaussée froide.
- Trafic (blocage total).
- Suite en neige.

Facteurs favorables

- Chaussée réchauffée (soleil par exemple).
- Suite rapide en pluie.
- Réchauffement rapide de l'air.



« LA GLACE SOUS LA NEIGE »

« LA GLACE SOUS LA NEIGE »

La neige qui tombe sur un sol mouillé fond au fur et à mesure ; chaque gramme de neige qui fond prélève la chaleur latente correspondante à l'eau située en surface.

En période de refroidissement, la neige va se mettre à tenir sur le mouillé en particulier la chaussée. L'eau située sous la neige a congelé mais cette glace est invisible et dès lors extrêmement dangereuse. Dans la mesure où la neige est ressentie comme moins glissante mais qu'elle est chassée sous les pneumatiques, ces derniers rencontrent la glace vive.

L'effet est immédiat en cas de demande d'adhérence même moyenne.

Page laissée blanche intentionnellement

AUTRES VERGLAS

Cette catégorie regroupe l'ensemble des autres cas de verglas.

— La neige tassée sous l'effet du compactage de la circulation mais aussi des phénomènes de dégel diurne de la surface neigeuse et du regel nocturne, se transforme progressivement en une dalle de glace. L'adhérence offerte initialement par la neige se trouve dégradée de façon importante.

La perception du phénomène par l'usager est très bonne et lui permet d'adapter sa conduite.

— La bouillie de neige gelée est due à des précipitations de neige humide ou au répandage de fondants chimiques sur une neige fraîche. Le trafic malaxe la neige et la transforme en une bouillie qui peut geler durant la période nocturne et se transformer en une plaque de glace dont la surface plus ou moins accidentée rend toute circulation dangereuse.

— La saumure gelée.

Les fondants chimiques solubles dans l'eau, utilisés en viabilité hivernale, ont la propriété d'abaisser la température du point de congélation de la phase aqueuse présente sur le revêtement routier.

Dans certaines conditions climatiques, il peut se produire un phénomène de dilution de la solution qui réduit la température de congélation au point de geler et donner un verglas.

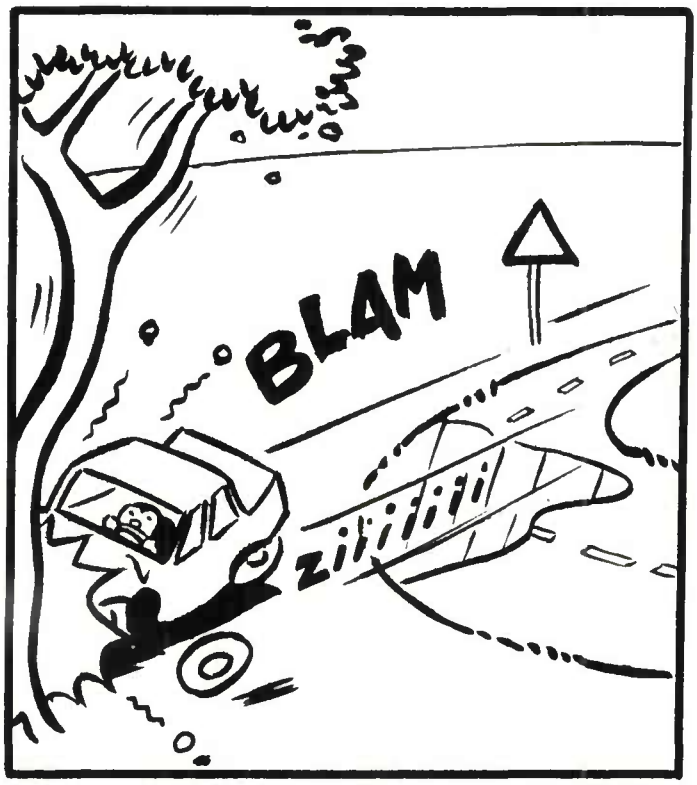
De même en l'absence de dilution de la saumure, un abaissement de la température du revêtement en deçà de la température de congélation provoque le même effet.

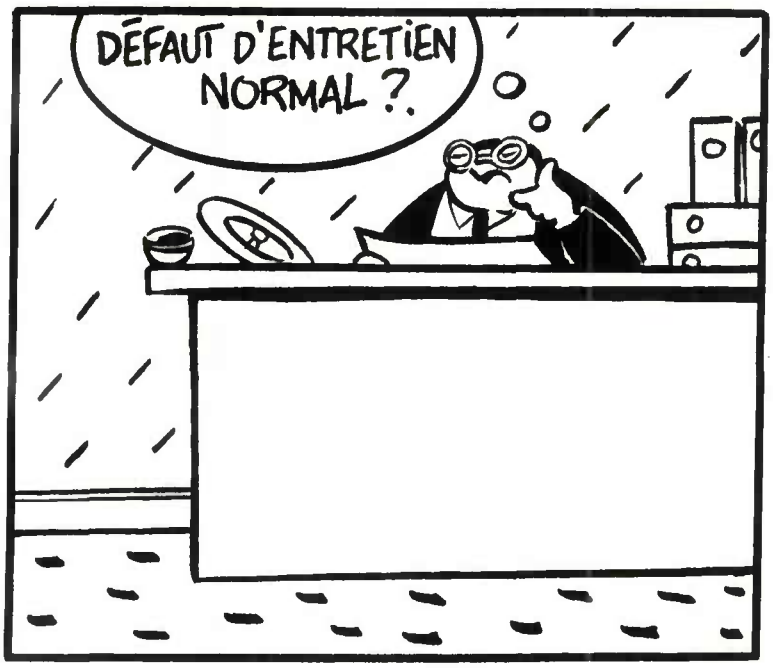
Les phénomènes de dilution sont dus à l'apport d'eau, soit par précipitations, soit par déséquilibre de tension de vapeur d'eau entre la saumure et l'atmosphère, dans certaines conditions thermohydriques de cette dernière.

— Plaque de glace. Une arrivée d'eau intempestive par défaut d'ouvrage hydraulique peut provoquer sur la chaussée une plaque de glace de plusieurs centimètres d'épaisseur.

Cette plaque est extrêmement dangereuse et devra être signalée dans les meilleurs délais après sa connaisance. Il faudra au plus vite supprimer la venue d'eau sur la chaussée puis casser cette couche épaisse souvent avec des moyens rudimentaires (outils à main).

VERGLAS ET JURISPRUDENCE





VERGLAS ET JURISPRUDENCE

■ Le risque de verglas est l'un de ceux contre lesquels l'usager doit se prémunir en prenant toutes les précautions utiles. Mais... l'approche du problème est, en fait, assez différente selon l'origine du phénomène et son amplitude, autrement dit s'il s'agit de verglas localisé ou généralisé, ou de plaques de glace.

■ Du verglas sur une route, un accident, et l'usager impliqué peut être amené à attaquer l'Administration pour **défaut d'entretien normal.**

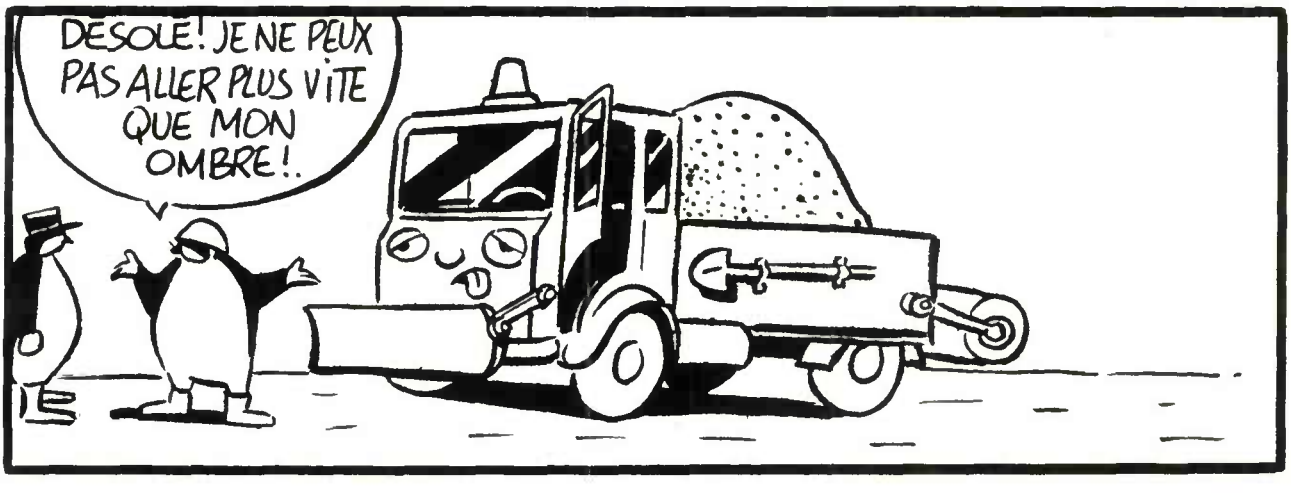
Le défaut d'entretien normal est, soit un vice de conception, soit le mauvais état d'un ouvrage public dû à un défaut d'entretien.

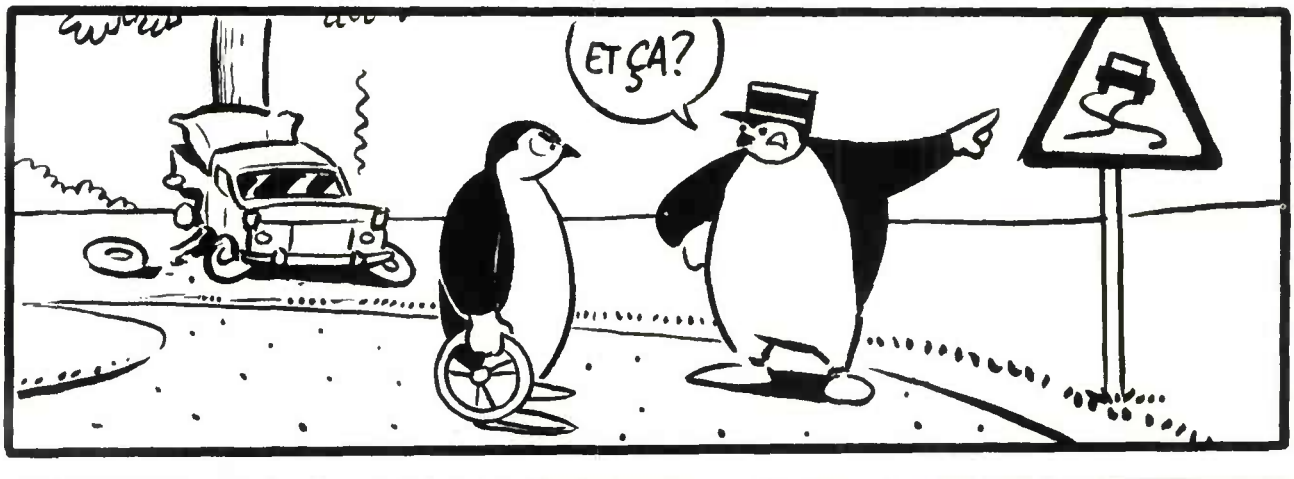
■ Or le défaut d'entretien normal est considéré comme une **faute présumée** de l'Administration. C'est à cette dernière de prouver qu'il n'y a pas défaut, l'usager lui, n'ayant qu'à prouver le lien de causalité entre son accident et l'ouvrage public.

■ **Il est donc primordial, de savoir relever les éléments susceptibles de nous aider à nier l'existence de défaut d'entretien normal pour tout accident où nous puissions être impliqués pour ce chef d'accusation.**

Attendre d'être vraiment impliqué, c'est du temps qui passe et des éléments qui disparaissent.

VERGLAS ET JURISPRUDENCE





■ Afin de rejeter l'existence d'un défaut d'entretien normal, plusieurs types d'argument s'offrent à nous :

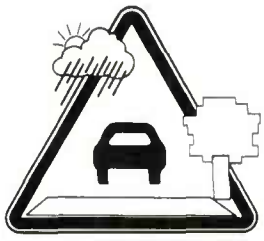
1. La défectuosité constatée est :
   - minime,
   - de celles auxquelles les usagers doivent s'attendre.
2. La défectuosité était connue de l'usager car :
   - l'usager est un familier des lieux,
   - la défectuosité est suffisamment apparente ou normalement prévisible,
   - la défectuosité a fait l'objet d'une signalisation adaptée.
3. La défectuosité n'était :
   - ni connue de l'Administration, ni prévisible.
4. La « durée d'inertie du service » entre la réparation ou la signalisation de la défectuosité n'a pas excédé ce qu'il est normal d'attendre d'un service « normalement diligent » (cette durée est appréciée au cas par cas par le juge, en particulier en fonction de l'importance de la route).

■ Peuvent par ailleurs atténuer voire supprimer la responsabilité de l'Administration :

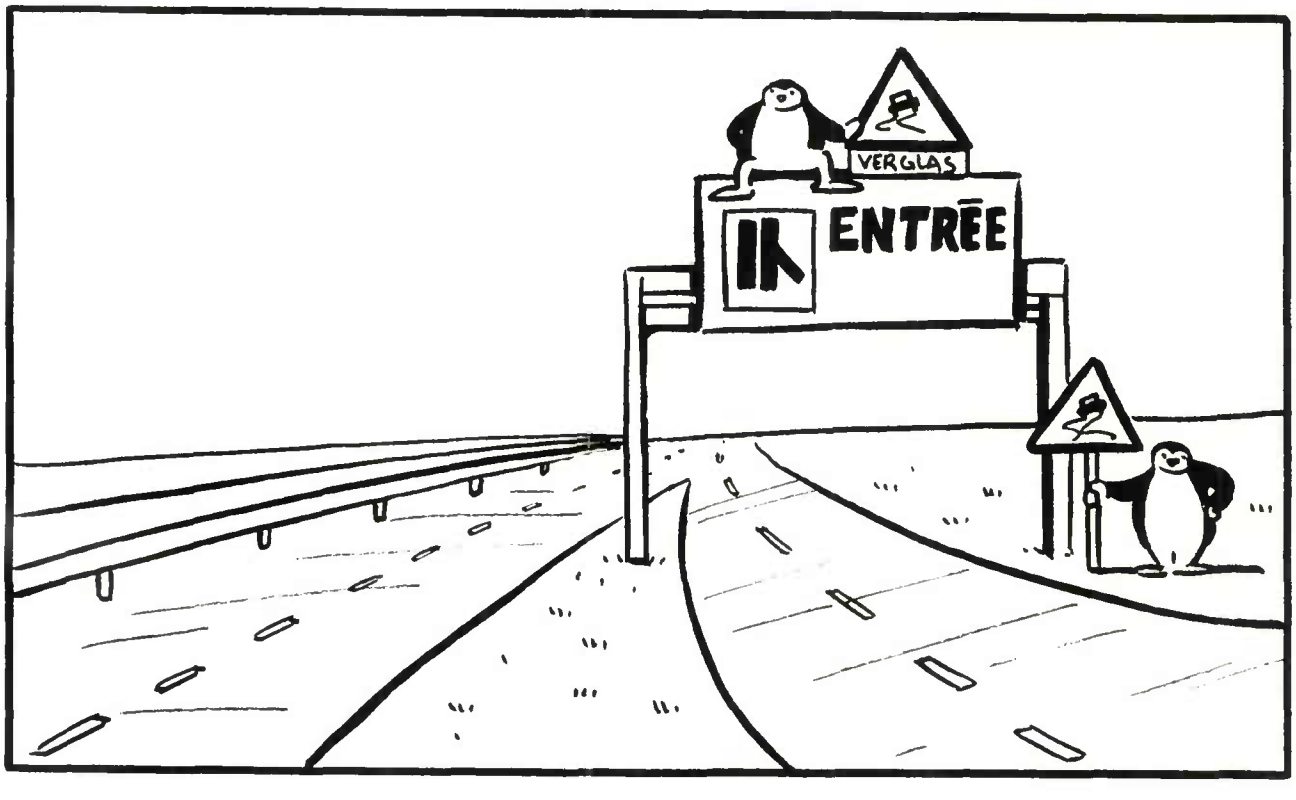
- la force majeure (rarement retenue),
- la faute de la victime.

■ Par ailleurs le **fait d'un tiers** (exemple : venue d'eau intempestive) donne au service la possibilité de se retourner contre celui-ci.

■ Respect d'un niveau de service et défaut d'entretien normal sont deux concepts totalement différents. Un niveau de service n'est qu'un objectif que se fixe l'Administration à elle-même et dont les particuliers ne peuvent se prévaloir.



VERGLAS GÉNÉRALISÉ



VERGLAS GÉNÉRALISÉ

■ Le phénomène est généralisé et ne peut donc passer inaperçu de par l'ampleur qu'il a atteint.

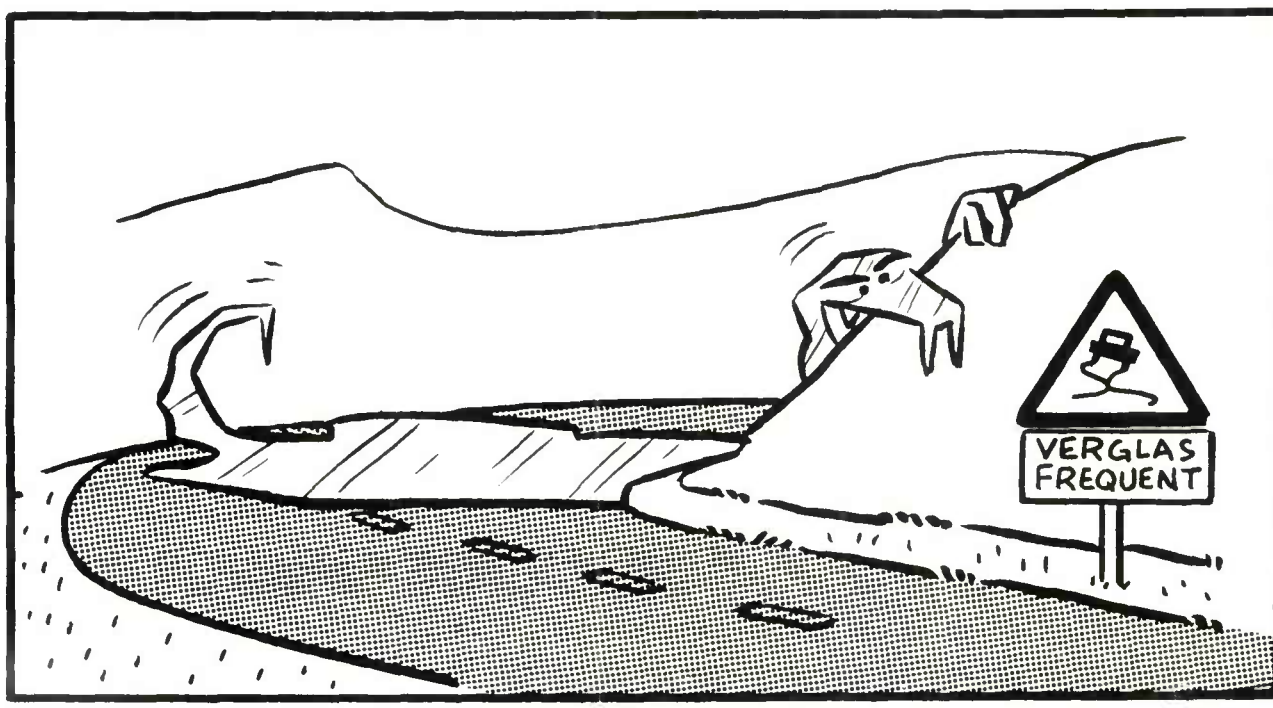
■ En conséquence, l'Administration n'est tenue :

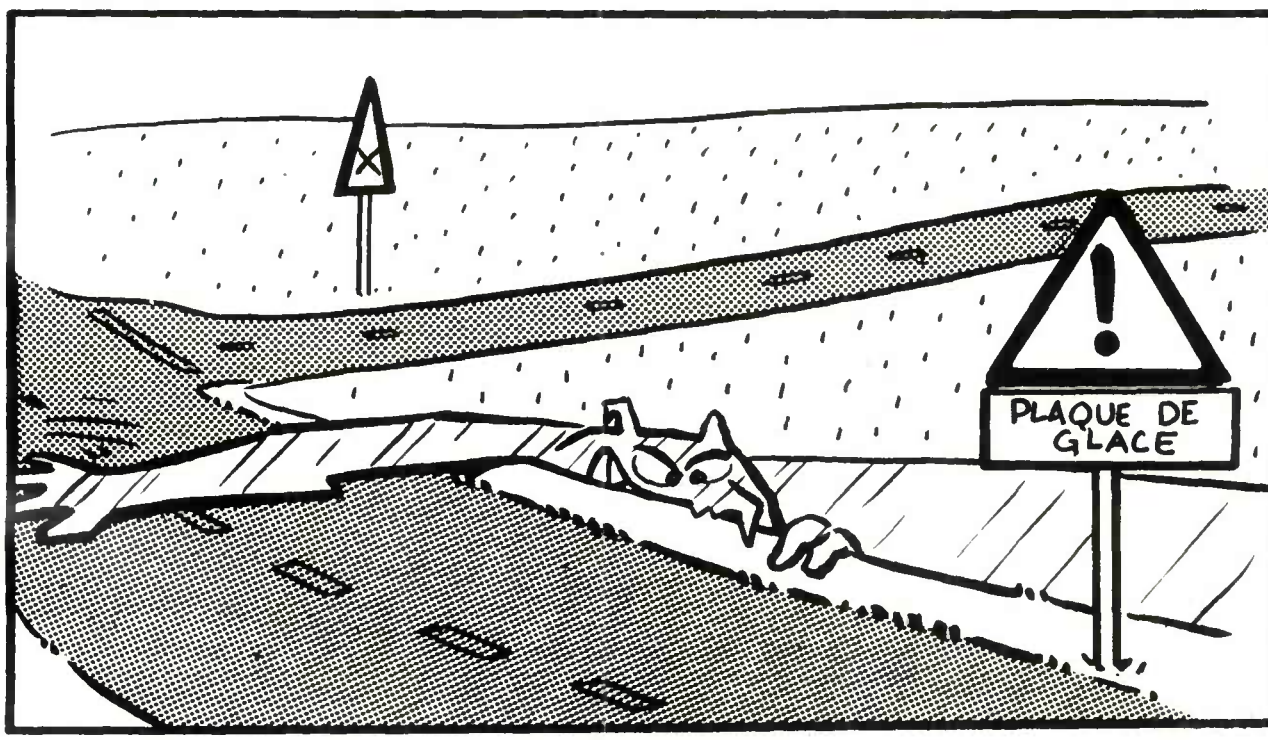
- ni à traiter (par sablage ou salage),
- ni même à signaler le danger (tâche trop gigantesque).

■ Cas particulier des autoroutes

Le réseau est, dans ce cas, un réseau à la fois à haut niveau de service, et parfaitement délimité avec des entrées en nombre limité parfaitement identifiées. L'information aux usagers serait donc réalisable en particulier par le biais des messages aux entrées du réseau. La jurisprudence considère que cette dernière est donc un minimum dû aux usagers.

VERGLAS LOCALISÉ ET PLAQUES DE GLACE





VERGLAS LOCALISÉ ET PLAQUES DE GLACE

Le verglas localisé est un danger difficilement perceptible par l'usager qui ne sait pas toujours déceler les zones problématiques.

■ Le **verglas** est d'origine naturelle et s'est **déposé dans un lieu habituel,** bien connu du service, ce dernier aura dû au minimum signaler de façon correcte la zone à risque ou procéder soit au sablage soit au salage.

■ Si par contre, le verglas s'est déposé dans un **lieu totalement inhabituel** et de **façon imprévisible**, la responsabilité de l'Administration ne peut être engagée (sauf certainement, à en avoir été informé et avoir eu les moyens d'y remédier).

■ Une **plaque de glace,** phénomène par définition d'origine non naturelle mais consécutive au défaut de fonctionnement d'un ouvrage (caniveau obstrué, fuite d'eau...) devra impérativement être traité ou signalé de façon spécifique aux usagers (par panneaux AK 14 plus panonceaux M 9K : « plaque de glace »).

VERGLAS EN TRAVERSE D'AGGLOMÉRATION

VERGLAS EN TRAVERSE D'AGGLOMÉRATION

A qui incombe la responsabilité en cas de verglas sur route nationale ou départementale en agglomération ?

Selon la jurisprudence, la responsabilité de l'Administration ne semble être retenue que lorsque le verglas qui est à l'origine de l'accident n'est pas dû uniquement aux conditions atmosphériques naturelles mais à un fait antérieur imputable à l'homme (défectuosité d'un ouvrage de canalisation, mauvais nettoiement d'un caniveau) ou bien s'il s'agit d'un lieu habituel connu non traité.

Celui qui par son fait ou sa négligence a concouru à la formation du verglas doit naturellement en assumer la responsabilité.

Sur l'obligation de saler ou de déneiger sur les routes en agglomération lors de formation générale de verglas ou d'enneigement, le Ministère de l'Intérieur comme le Ministère de l'Equipement ont toujours répondu jusqu'à présent que cette charge revenait à la commune en vertu des dispositions de l'article L. 131.2 du code des communes. Cette position permet d'ailleurs de négocier éventuellement avec les villes une participation financière pour le service assuré en fait par la DDE.

Mais il n'en résulte pas que la responsabilité du maître de l'ouvrage ne soit pas retenue sur le fondement des dommages pour défaut d'entretien normal par les tribunaux.

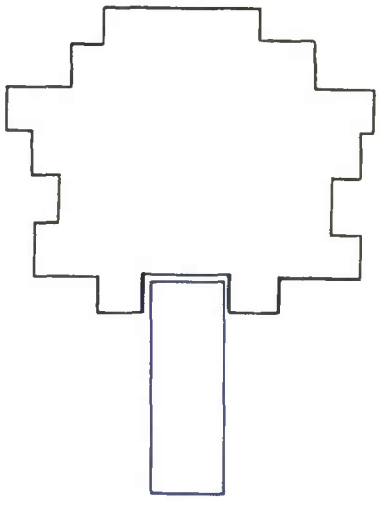
En effet, les victimes peuvent toujours agir soit sur ce fondement pour mettre en cause l'Etat s'il s'agit de route nationale ou le Conseil Général s'il s'agit de route départementale soit sur celui de la faute en matière de police pour mettre en cause la commune.

Or la responsabilité des communes mise en cause directement ou par une action récursoire n'est en général retenue qu'en cas de faute lourde.

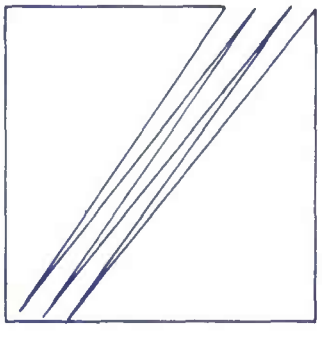
Il semble de façon réaliste que si le déneigement ou le salage puissent en effet être pris en charge ou financé par les grandes agglomérations compte tenu de leurs moyens (services techniques opérationnels, surface financière) ce ne peut être le cas pour les petites agglomérations.

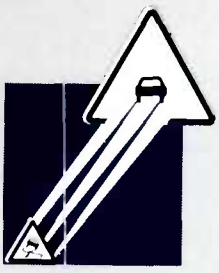
De surcroît le fait d'annoncer qu'un service hivernal de niveau S1 couvrira les routes nationales milite en faveur d'une prise en charge, en cas de défaillance de la commune, par les services de l'Etat des moyens nécessaires à l'exécution d'une telle qualité de service, que ce réseau se trouve en ou hors agglomération.

LES FONDANTS



Je Sale Moins.
Je Sale Mieux!





LES FONDANTS

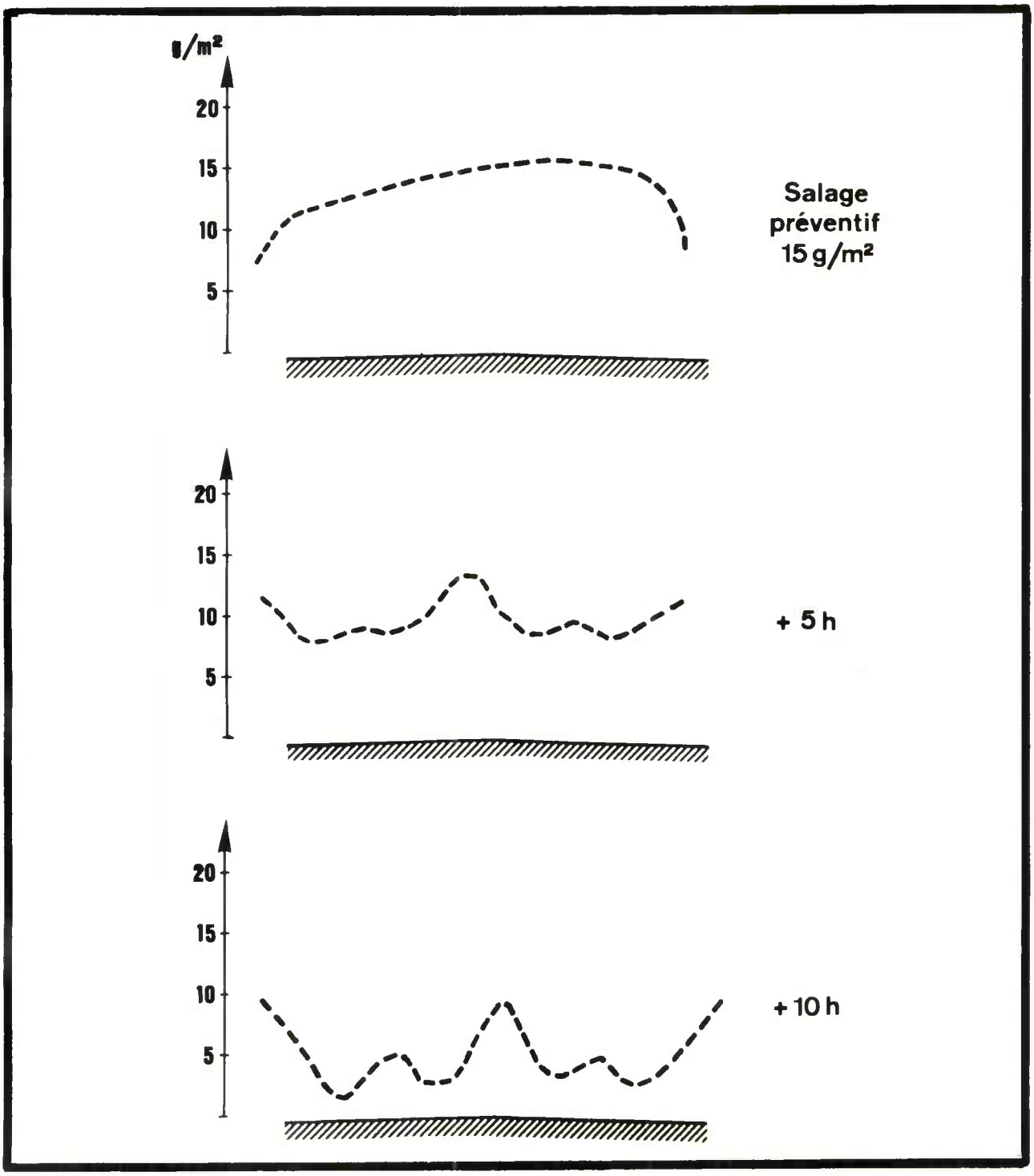
Des efforts de rationalisation de l'emploi des fondants sont entrepris depuis une dizaine d'années.

On peut noter en particulier la campagne « **SALER MOINS, SALER MIEUX** » qui ne doit pas être oubliée malgré la relative clémence des deux derniers hivers. Les fiches qui suivent approfondissent certains aspects de SMSM en les replaçant dans la lutte spécifique contre le verglas.

En outre pour améliorer la qualité des fondants aussi bien pour son usage (stockage, chargement, écoulement) que pour son efficacité (teneur en fondant, granulométrie, teneur en eau) un CCTP et un CCAP sont en préparation en relation avec les fournisseurs.

TENUE DU SEL SUR LA CHAUSSÉE

PROFIL EN TRAVERS



TENUE DU SEL SUR LA CHAUSSÉE

Le premier critère d'efficacité d'un salage préventif est lié à la tenue du sel sur la chaussée elle-même conditionnée par :

— la qualité du sel (granulométrie) et son état (sec, humide, mouillé),

— l'état de la chaussée au moment de l'épandage et ultérieurement,

— le trafic (vitesse, nature) et bien sûr,

— l'art de l'épandage (minoration des largeurs, effet du vent, vitesse du camion saleur...).

Quelques idées générales :

— sauf à l'état de saumure ou de bouillie très mouillée (> 30 %), le sel en grain tient mal sur une chaussée sèche dès que le trafic après épandage est moyen,

— la tenue du sel est conditionnée par le mouillage artificiel induit par le salage en fonction de l'humidité relative de l'air (humidité relative d'équilibre du chlorure de sodium = 75 %),

TENUE DU SEL SUR LA CHAUSSÉE
(suivant la nature du revêtement)

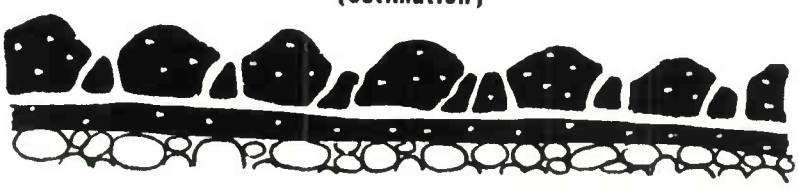
+ 10 heures

≃ 1 g/m²

≃ 2 g/m²

≃ 4 g/m²

de 7 à 8 g/m²
(estimation)



— la quantité résiduelle de sel à la surface de la route est quasi-indépendante du dosage épandu mais est fonction outre des critères évoqués ci-dessus de la nature du revêtement : plus un revêtement est macrorugueux plus il conserve de salinité protégée du trafic (la saumure réside dans la lame d'eau interceptée par la surface du revêtement),

— on estimera par simplification qu'une **pluie,** qui entraîne un début de **ruissellement, lave** la chaussée de son sel,

— dans tous les cas, un salage qui ne se traduit pas par une mise en solution du sel épandu doit être considéré comme un échec (perte maximale de produit).

DIAGRAMME DES PHASES

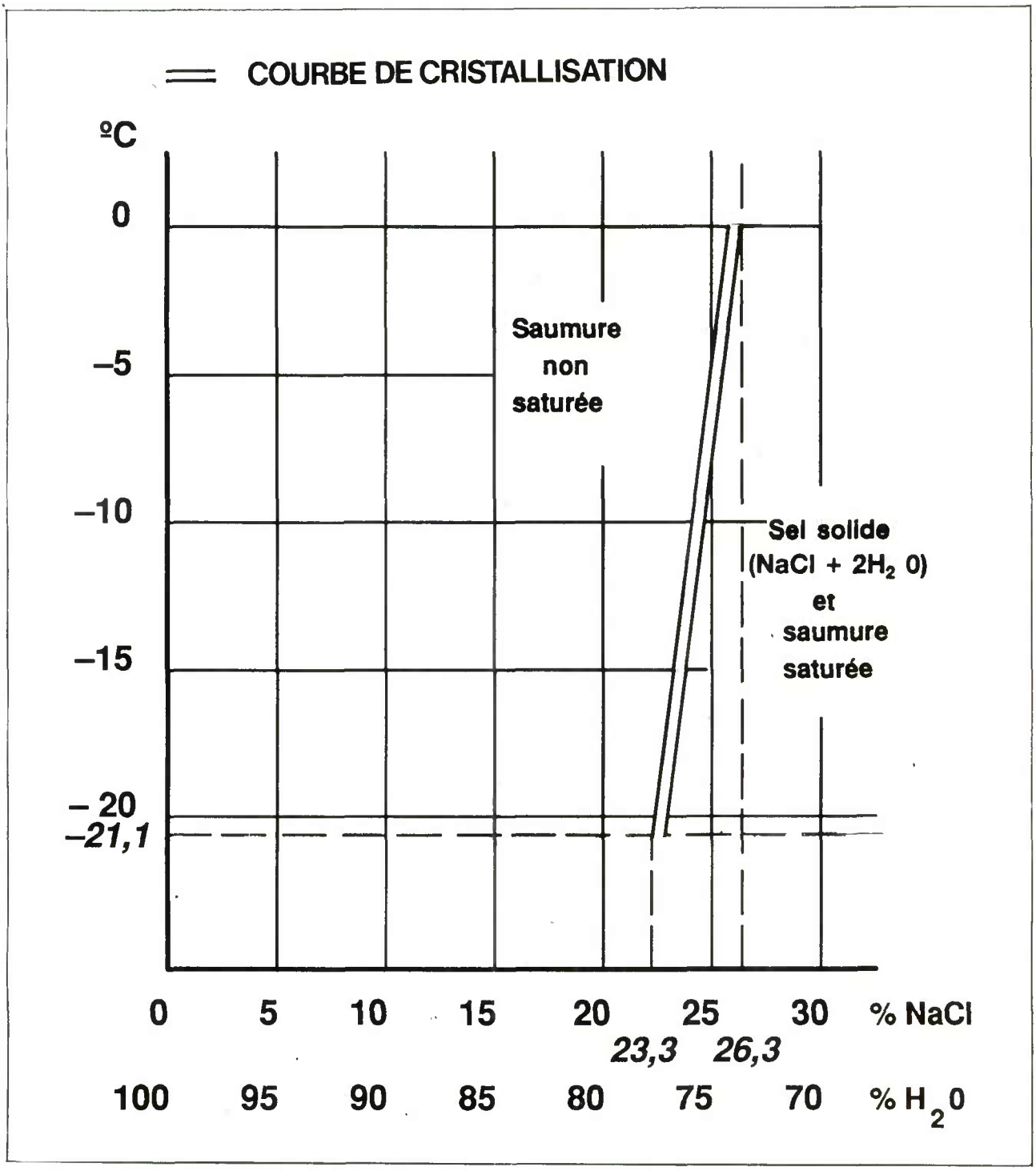


DIAGRAMME DES PHASES

Pour agir soit en préventif, soit en curatif, le sel doit **d'abord se dissoudre** dans l'eau.

Dissolution

Le sel est soluble dans l'eau.

La quantité dissoute s'exprime en pour-cent du poids du mélange obtenu : c'est la **concentration de la saumure.**

Exemple : une saumure à 5 % contient : 5 % de sel et 95 % d'eau.

Cette concentration à une limite supérieure appelée **concentration de saturation**. Au-delà de cette limite on ne peut plus dissoudre de sel dans cette saumure.

La concentration de saturation dépend de la température de la saumure :

à + 20 °C elle est de 26,4 %,

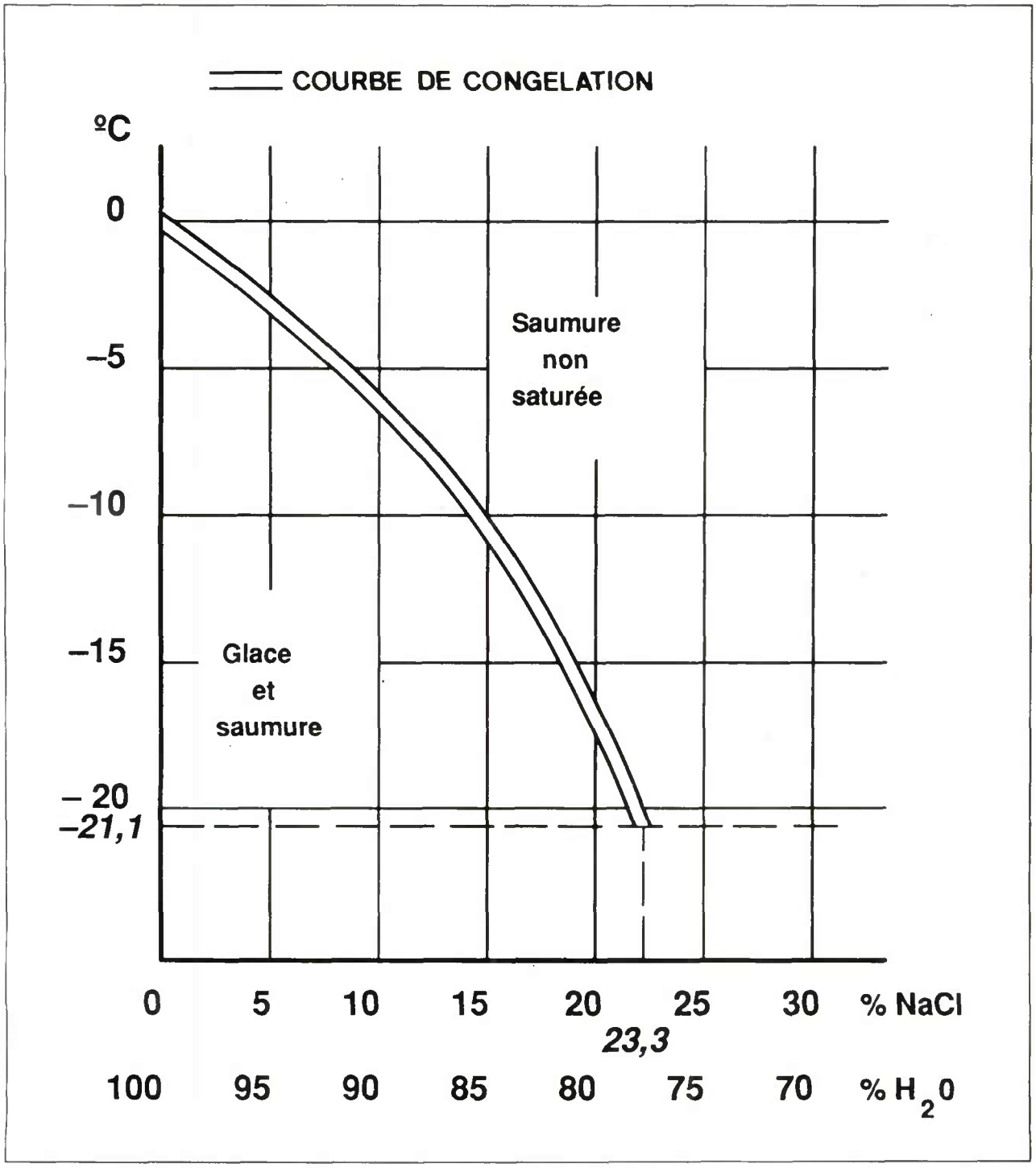
à 0 °C elle est de 26,3 %,

à – 21,1 °C elle n'est plus que de 23,3 %.

Dans le plan concentration en abscisse, température en ordonnée, je peux représenter ces points. Ils forment la **courbe de cristallisation** :

— à gauche de cette courbe, la saumure n'est pas saturée,
— sur la courbe elle est juste saturée,
— à droite, la saumure reste saturée mais une partie du sel recristallise (repasse en solide) d'où le nom de la courbe.

DIAGRAMME DES PHASES



Congélation

Par un processus complexe, plus on dissout de sel dans l'eau, plus **on abaisse le point de congélation** du mélange :

de 0 °C pour l'eau pure,

de – 10 °C pour une saumure de 14 %,

à – 21 °C pour une saumure saturée à cette température (23,3 %).

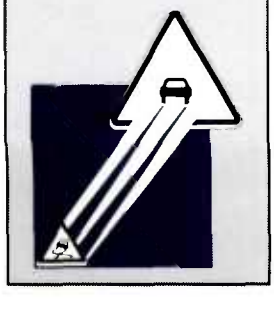
Dans le même plan que la courbe de cristallisation je peux représenter la **courbe de congélation** :

— à **droite** la **saumure** est entièrement **liquide,**

— **sur la courbe** il y a **apparition du premier cristal de glace**,

— à **gauche** de cette courbe une **saumure** sera **saturée** à la température donnée **et** contiendra de la **glace.**

La réunion de la courbe de cristallisation et de la courbe de congélation forme le **diagramme des phases**.



COMPORTEMENT D'UNE CHAUSSÉE SALÉE EN FONCTION DE L'HUMIDITÉ DE L'AIR

RECRISTALLISATION

SEL FIN

ºC

0

–5

–10

–15

– 20

–21,1

Saumure non saturée

SEL ULTRA–FIN

Glace et saumure saturée

NaCl + 2H $_2$0 et saumure saturée

0 5 10 15 20 25 30 % NaCl

23,3 26,3

100 95 90 85 80 75 70 % H $_2$0

COMPORTEMENT D'UNE CHAUSSÉE SALÉE EN FONCTION DE L'HUMIDITÉ DE L'AIR

Le sel et la saumure sont **hygroscopiques** c'est-à-dire qu'ils absorbent de la vapeur d'eau dans l'air. Ce phénomène se produit si l'humidité relative de l'air est supérieure à 80 %.

— Le sel absorbe la vapeur d'eau et passe en solution.

— La saumure (épandue ou formée à partir de sel et d'eau atmosphérique) absorbe de la vapeur d'eau et **se dilue**.

Plus l'humidité relative est élevée plus le sel absorbe de vapeur d'eau et plus la saumure se dilue jusqu'à une concentration d'équilibre, par exemple : à 0 °C

avec 85 % d'humidité relative de l'air une saumure saturée se dilue jusqu'à 18 % ; la température théorique de protection n'est plus que de – 15 °C,

avec 95 % d'humidité relative de l'air, elle se dilue jusqu'à 8 % ; la température de protection n'est plus que de – 5 °C.

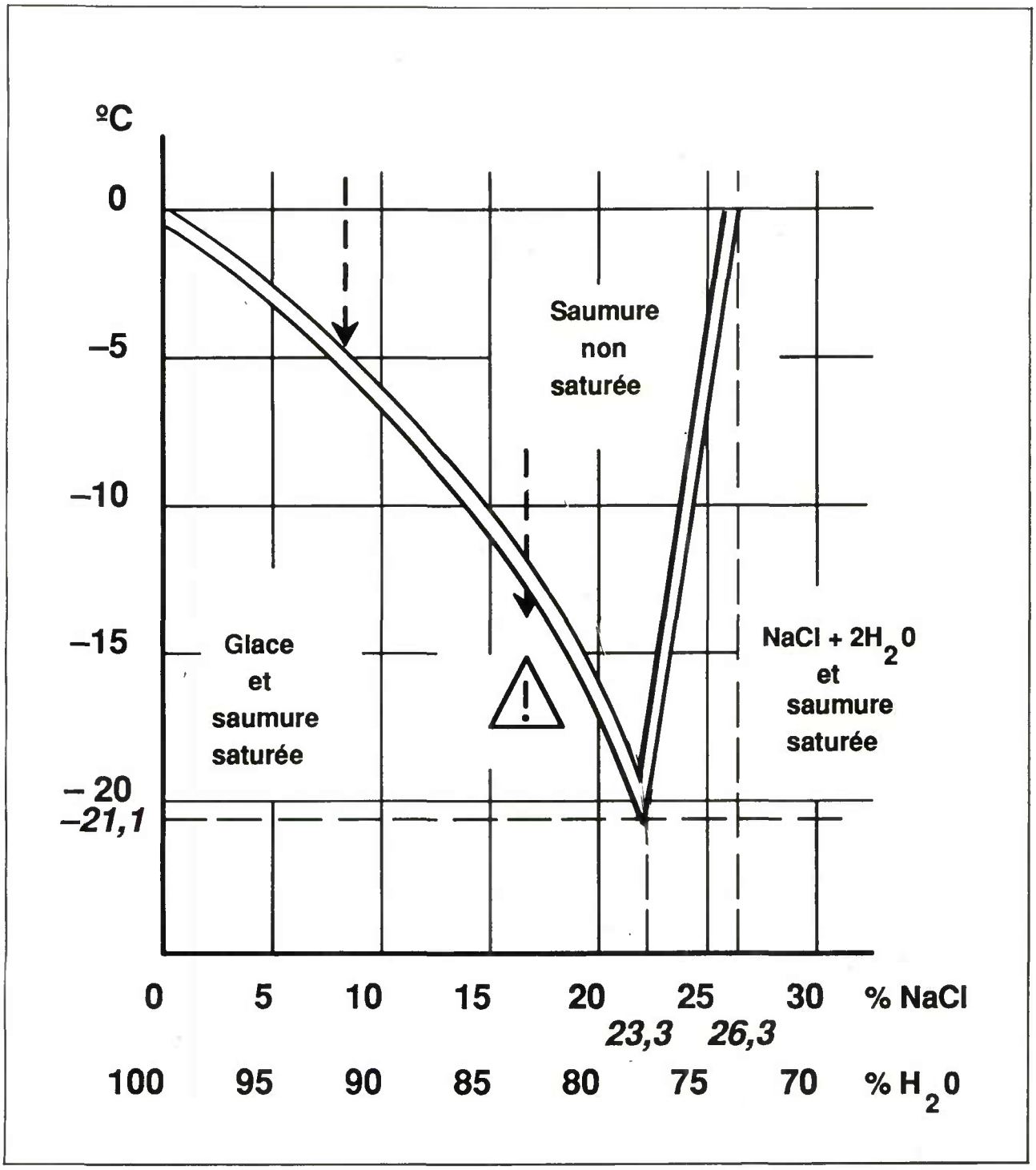
Nota : une baisse simultanée de la température limite cette dilution car l'hygroscopicité du sel diminue avec la température.

Attention : ces résultats sont indépendants de la quantité de sel épandu.

Au contraire si l'humidité relative de l'air tombe en dessous de 75 %, la saumure s'assèche par évaporation de l'eau et le sel recristallise partiellement puis complètement,

en dessous de 0 °C, la recristallisation particulière produit un sel ultra-fin et très soluble donnant l'apparence d'un fort dosage résiduel (surface routière très blanche avec 1 à 3 g de sel par m^2).

COMMENT ASSURER UNE PROTECTION PAR RAPPORT A UNE CHUTE DE TEMPÉRATURE ?



COMMENT ASSURER UNE PROTECTION PAR RAPPORT A UNE CHUTE DE TEMPÉRATURE ?

Où, comment combattre un verglas par congélation d'humidité préexistante ?

Si l'apport d'humidité a été conséquent (pluie, neige fondue...) le sel est lavé, la protection quasi-nulle !

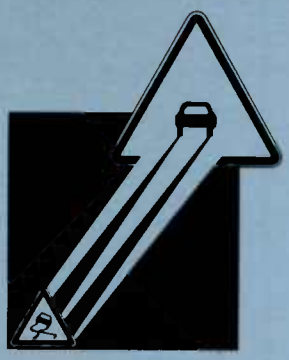
On attendra que la venue d'eau cesse en attendant le refroidissement, une partie de l'eau s'évapore, un épandage de sel à très faible dosage (5 à 10 g/m^2) permet de concentrer l'eau résiduelle en surface (interception limite fonction des revêtements) suffisamment pour le refroidissement à attendre.

Exemple à 0 °C :
reste 50 g d'eau,
salage à 5 g de sel,
saumure à 9 % [5 : (50 + 5)],
incongelable jusqu'à − 7 °C.

A noter

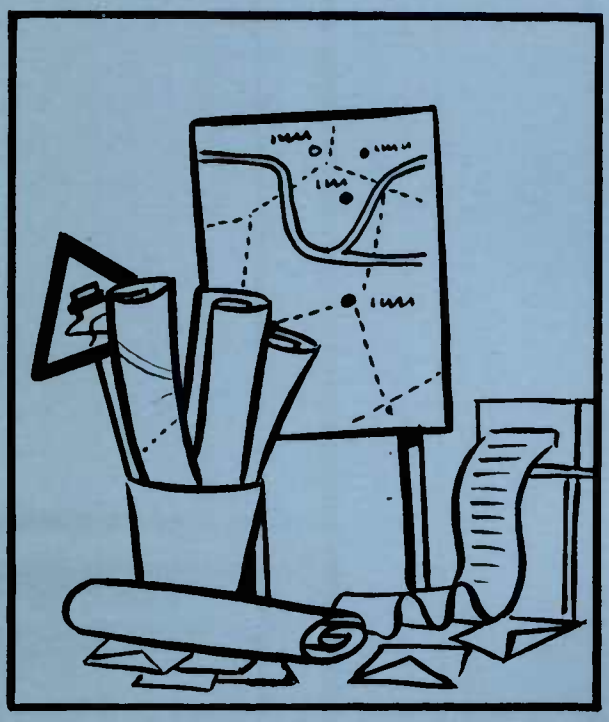
Un fort refroidissement (entrée de masse d'air froid) se traduit par un séchage rapide des chaussées (évaporation dans de l'air plus sec).

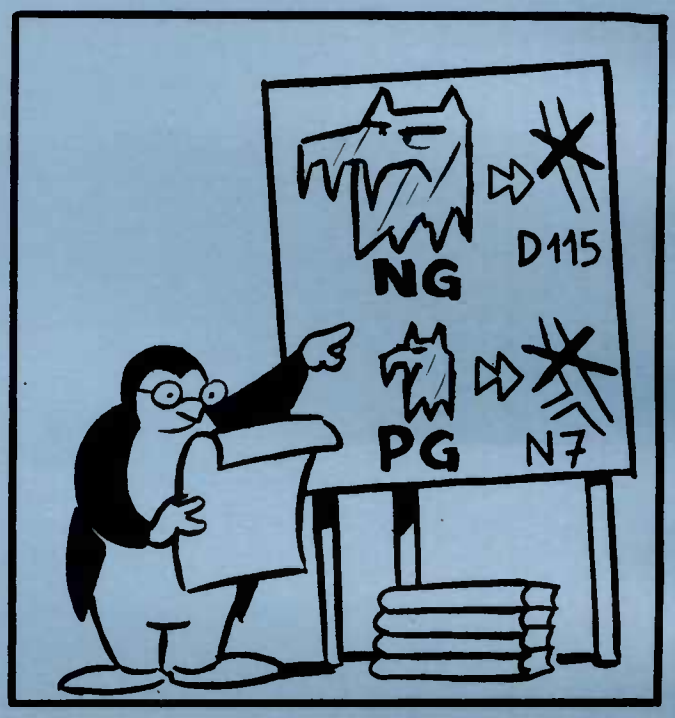
Page laissée blanche intentionnellement

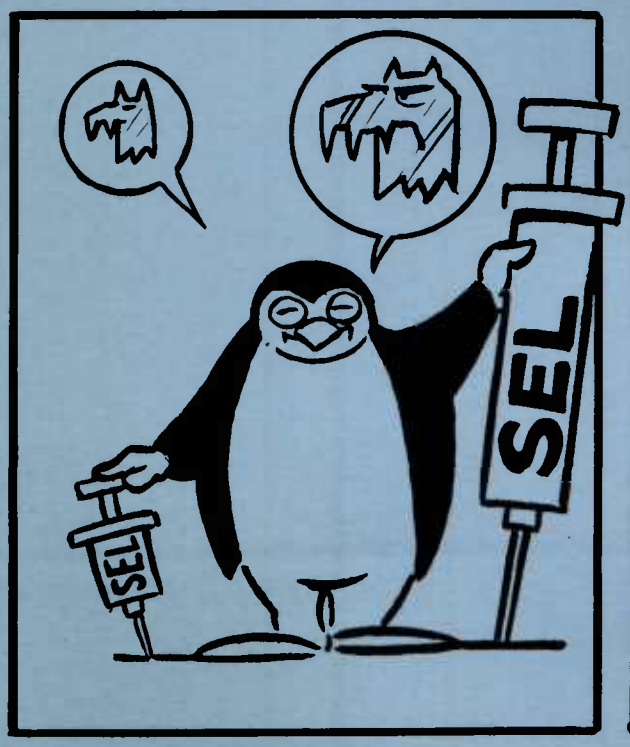


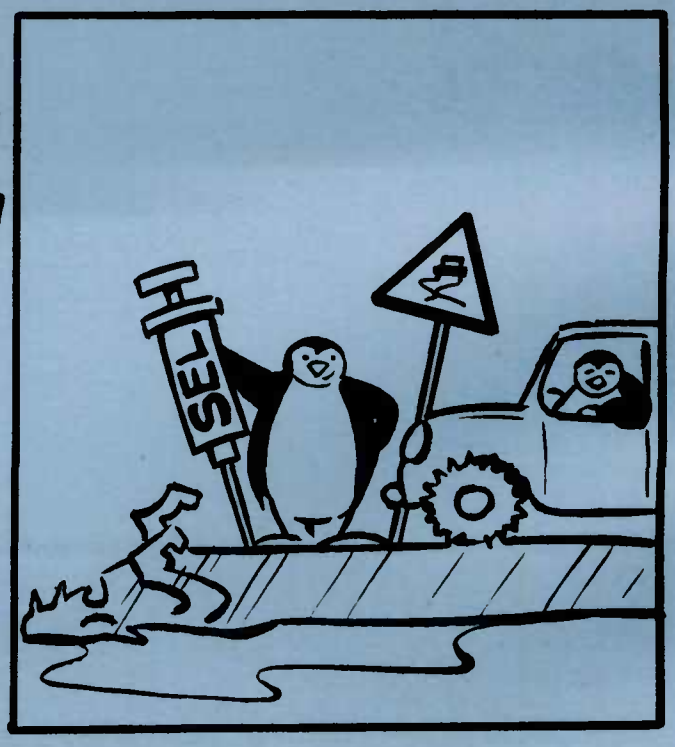
PARTIE II

MÉTHODE D'ANALYSE DU PROBLÈME DU VERGLAS









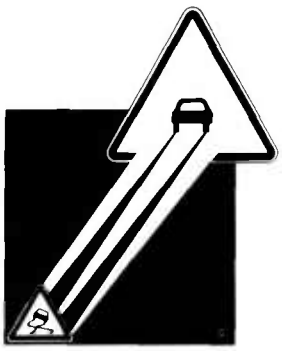
SOMMAIRE - PARTIE II

2.1 OBJECTIFS

2.2 EXPRESSION DE LA CONNAISSANCE DU MILIEU
- 2.2.1 Connaissances subjectives.
- 2.2.2 Connaissances objectives.

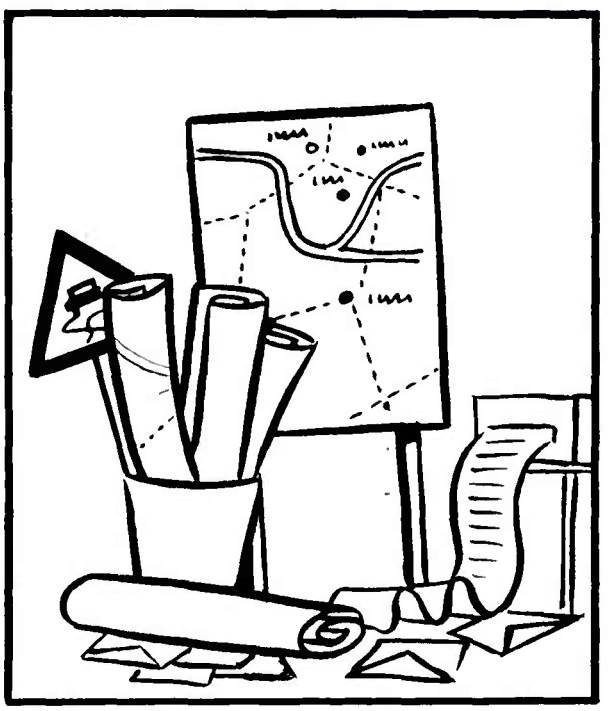
2.3 FORMALISATION DE CETTE CONNAISSANCE
- 2.3.1 Situations géographiques - étendu.
- 2.3.2 Association des causes.
- 2.3.3 Sensibilité de la zone.

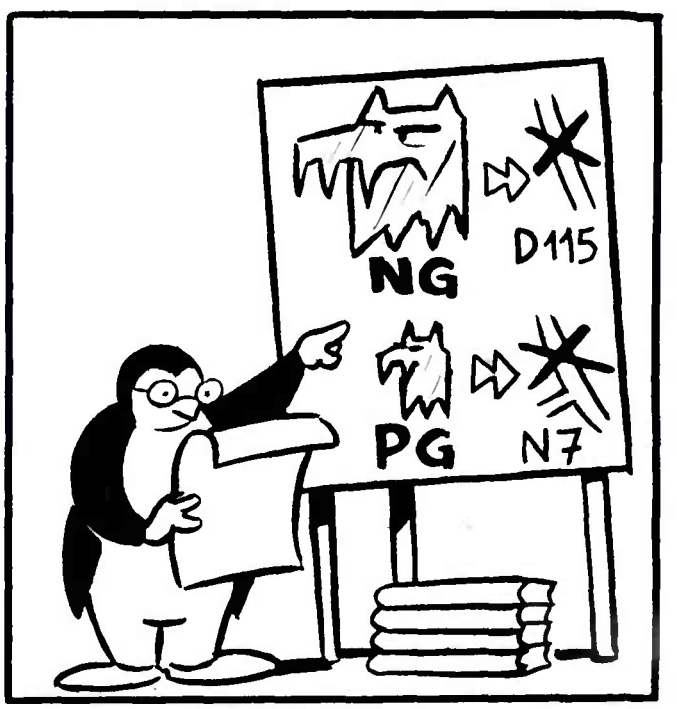
2.4 RECHERCHE DE SOLUTIONS
- 2.4.1 Hiérarchiser les zones.
- 2.4.2 Choisir les solutions.

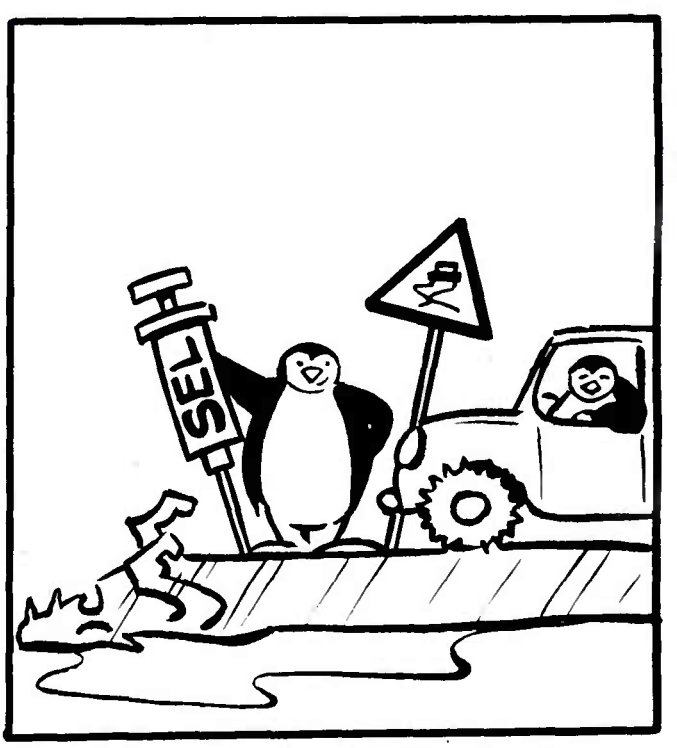


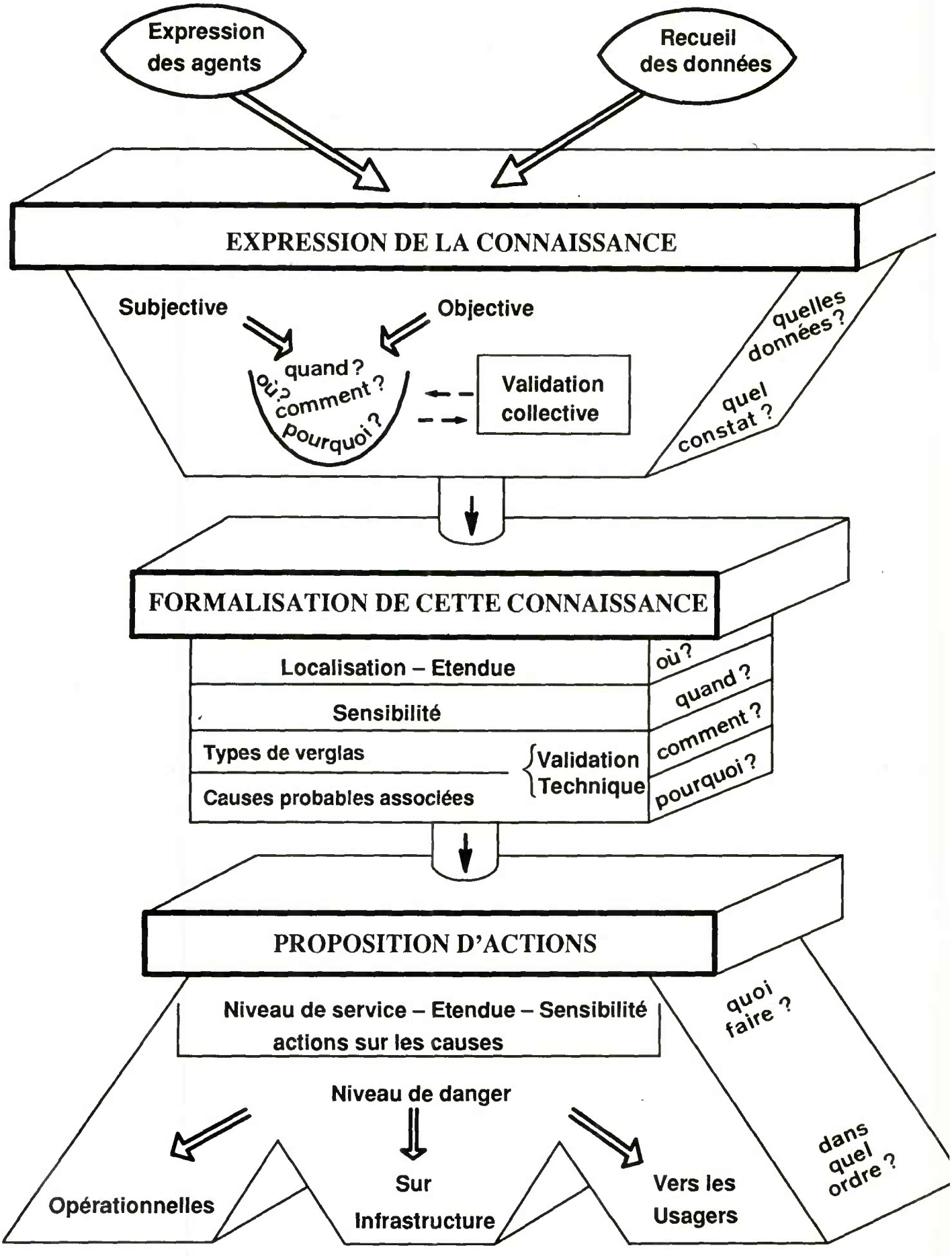
PARTIE II

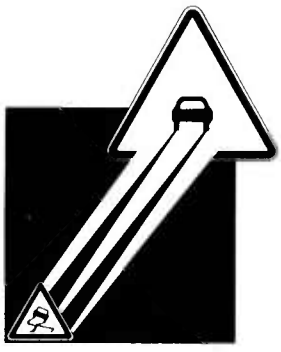
MÉTHODE D'ANALYSE DU PROBLÈME DU VERGLAS








Expression des agents
Recueil des données
EXPRESSION DE LA CONNAISSANCE
Subjective
Objective
quand ?
où ?
comment ?
pourquoi ?
Validation collective
quelles données ?
quel constat ?
FORMALISATION DE CETTE CONNAISSANCE
Localisation – Etendue
Sensibilité
Types de verglas
Causes probables associées
Validation Technique
où ?
quand ?
comment ?
pourquoi ?
PROPOSITION D'ACTIONS
Niveau de service – Etendue – Sensibilité
actions sur les causes
Niveau de danger
Opérationnelles
Sur Infrastructure
Vers les Usagers
quoi faire ?
dans quel ordre ?



2.1. OBJECTIFS

Dans un réseau routier, les itinéraires se différencient par leur rôle économique et leur position géoclimatique générale mais aussi par les anomalies topo-climatiques locales qui vont être autant de points singuliers.

L'objectif de cette partie, qui ne se veut pas une méthodologie définitive et fermée, est d'aider à répondre à des questions telles :

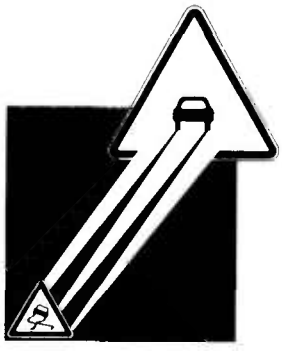
— Comment localiser les zones à problème ?

— Comment aboutir, avec la diversité des niveaux de service et des réalités locales, à un ordre de priorité en fonction des actions à engager ?

— Comment choisir entre tel et tel type de solutions, à tel ou tel type de problèmes et comment s'assurer de la validité de la solution réalisée ?

Nous allons nous efforcer de répondre pas seulement en terme technique (outil, procédure d'analyse...) mais aussi en terme psychologique (rôle de l'animateur et de la hiérarchie, blocages possibles, retombées humaines...).

Page laissée blanche intentionnellement



2.2. EXPRESSION DE LA CONNAISSANCE DU MILIEU

La connaissance du milieu est à la fois objective et subjective. La difficulté réside dans l'addition exploitable de toutes ces informations, difficulté qu'il faut prendre en compte dès le début de la recherche si on veut aboutir d'une manière cohérente.

2.2.1. EXPRESSION DE LA CONNAISSANCE SUBJECTIVE

LA MÉMOIRE INDIVIDUELLE ET COLLECTIVE DES PERSONNELS TERRITORIAUX représente une mine d'expériences, d'observations et de situations vécues.

Cette connaissance est à la fois spatiale et temporelle :

— « Le verglas apparaît toujours entre tel et tel carrefour » ;

— « Le verglas se forme ici au petit matin vers 7 h quand le ciel est clair » sans que les phénomènes aient fait l'objet d'une explication, sans encore moins qu'on ait cherché à en tenir compte ultérieurement.

Il s'agit donc dans un premier temps :

— de rassembler cette connaissance individuelle en essayant de faire réfléchir sur l'étendue, la nature et une première idée des causes possibles (voir les codes proposés).

Dans un deuxième temps :

— de **confronter et valider en commun les connaissances individuelles recueillies.** L'établissement définitif des causes sera obligatoirement un travail collectif.

Il s'agit d'assurer cette recherche par une méthode d'animation active d'un groupe connaissant en commun la quasi-totalité du problème.

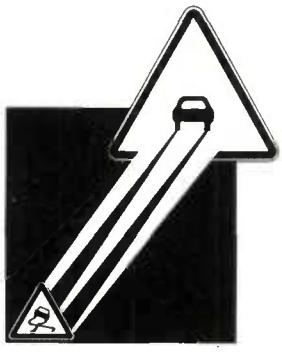
• Niveau le mieux approprié : la subdivision territoriale ou le centre d'exploitation. Avantages : échelle fine d'appréhension des problèmes, taille raisonnable du groupe.

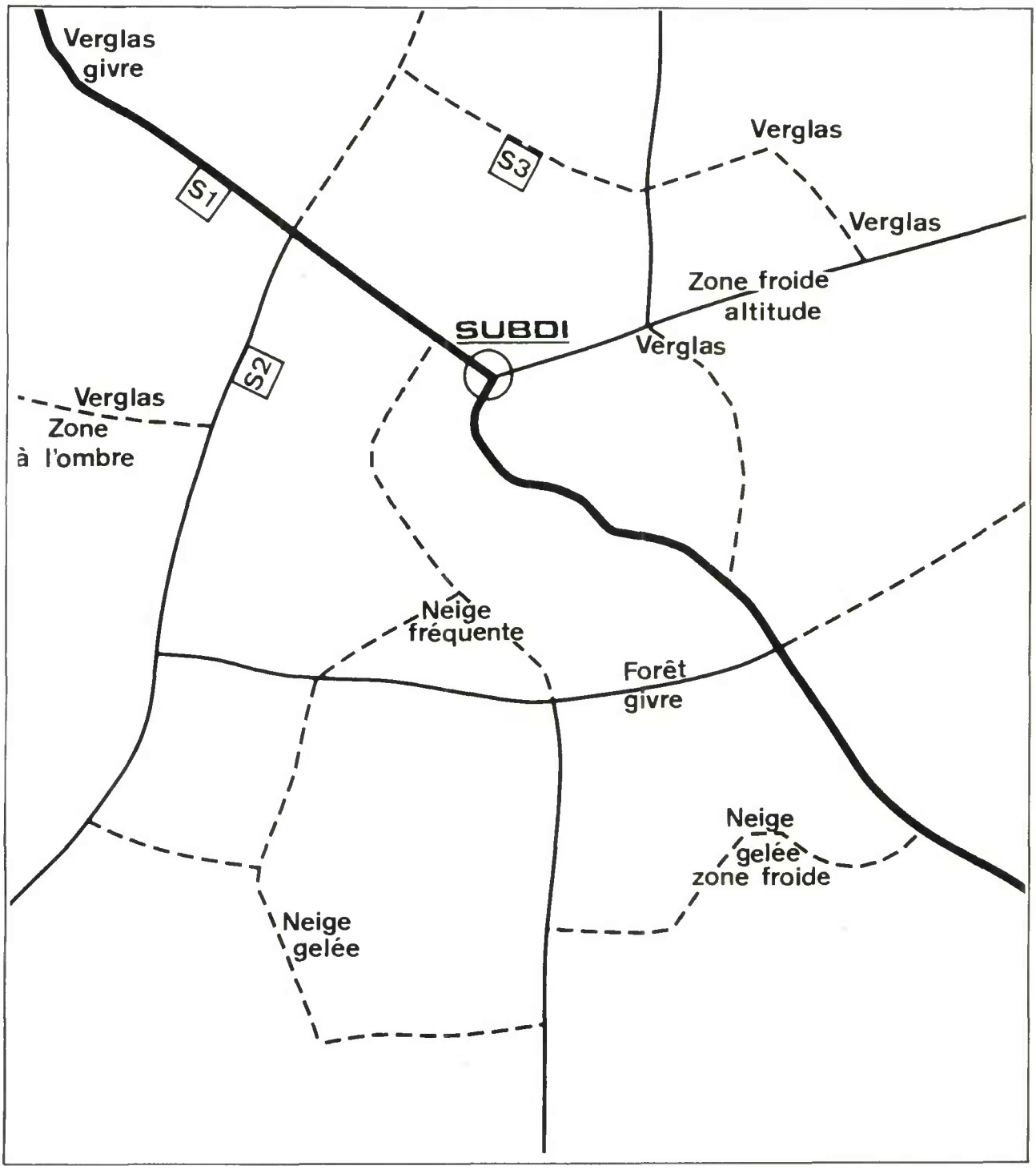
• Agents concernés : la totalité des agents de la subdivision (chauffeurs, CTPE, secrétaire...).

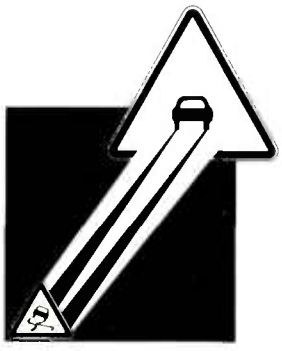
⚠ C'est en fait la pratique quotidienne du terrain qui est garante de la connaissance fine nécessaire à une bonne analyse.

• Rôle de l'animateur : il maîtrise correctement les notions du chapitre I, les a présentées d'une façon vivante et peut faire participer son auditoire à la découverte du sujet. Il a de préférence une neutralité hiérarchique par rapport au groupe.

• Outils à utiliser : travailler sur support cartographique le plus grand et très complet possible (réseaux routiers, courbes de niveau, cours d'eau, bois et forêts...).




Verglas
givre
S1
S3
Verglas
Verglas
Zone froide
altitude
SUBDI
Verglas
S2
Verglas
Zone
à l'ombre
Neige
fréquente
Forêt
givre
Neige
gelée
zone froide
Neige
gelée



Une carte IGN au 1/25000e convient parfaitement, une subdivision moyenne se présente alors sur un carré de 1,50 m de côté.

La carte est à recouvrir d'un ou plusieurs films calque ou mieux translucides pour permettre toutes anotations, corrections, compléments par tout l'auditoire.

Un premier travail individuel peut se faire sur une carte au format A3. Il peut aussi se faire par petit groupe (3, maximum 4 par exemple intervenants par circuit) et un décalage de temps entre la remise du document individuel et le travail collectif peut être ménagé.

Nature des informations recueillies :

Les types de verglas

On peut retenir, pour répertorier tous les types de verglas, ce code :
HP : humidité préexistante
GB : givre blanc
BG : brouillard givrant
PG : pluie sur sol gelé
PS : pluie en surfusion
NG : neige gelée
CB : coulures de bourrelets
XX : indéterminé

La nature des causes possibles

F : froid
H : humidité atmosphérique
E : eau
S : soleil
V : vent
B : brouillard

Et de leur importance : – absence, + présence, ++ présence très importante.

2.2.2. EXPRESSION DE LA CONNAISSANCE OBJECTIVE

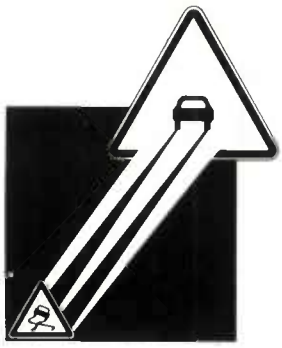
2.2.2.1. Report de faits observés

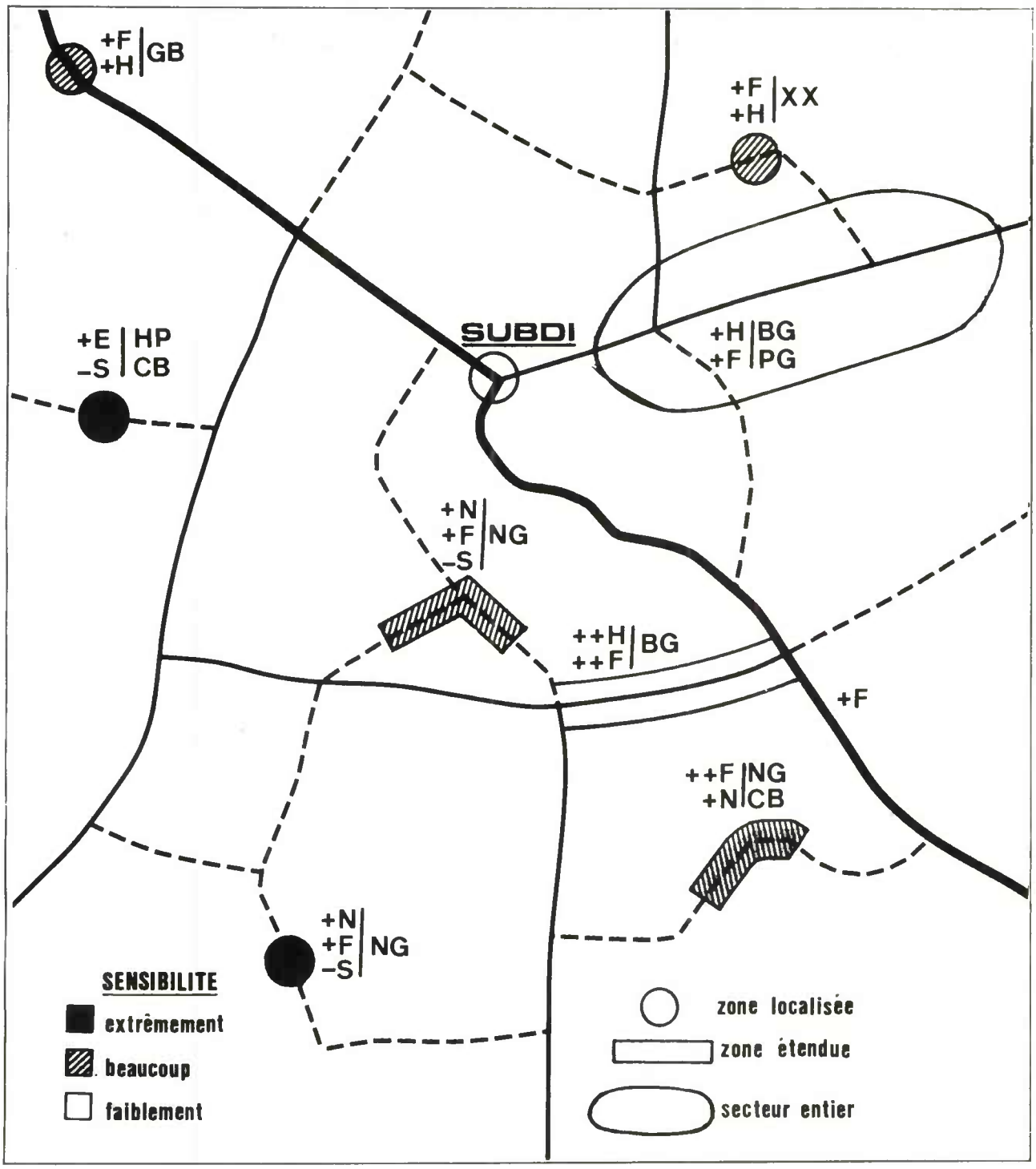
Les accidents (et leurs gravités) consécutifs au verglas seront reportés sur une carte ainsi que les difficultés de circulation traditionnelles en période hivernale (on évitera de faire trop de place au phénomène neige).

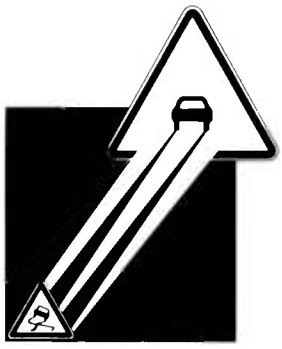
— Les points durs des profils.

2.2.2.2. Report de données

Seront également reportés :
— les panneaux verglas et leur spécificité,
— les abris météo,
— les éventuelles stations automatiques, une carte des niveaux de service réellement effectués sera établie en précisant les circuits,
— données éventuelles du « thermoroute » (cf. fiche 327).




+F
+H
GB
+F
+H
XX
SUBDI
+H
+F
BG
PG
+E
-S
HP
CB
+N
+F
-S
NG
++H
++F
BG
+F
++F
+N
NG
CB
+N
+F
-S
NG
SENSIBILITE
extrêmement
beaucoup
faiblement
zone localisée
zone étendue
secteur entier



2.3. FORMALISATION DE CETTE CONNAISSANCE

Après l'expression individuelle et collective de la connaissance du milieu, il s'agit de formaliser cette connaissance pour poursuivre la méthode.

2.3.1. DÉFINIR L'ÉTENDUE

Il faut raisonner par zone et pour cela il faut arrêter les limites précises des zones inventoriées.

On parlera :

- de **zone localisée** (longueur $<$ 500 m),
- de **zone étendue** (500 m $\leq$ longueur $<$ 5 km).
- de **secteur entier** (surface concernée dont la plus grande largeur est supérieure à 5 km.

Nota : un « secteur entier » ne concerne pas un verglas généralisé mais un ensemble groupé de zones localisées ou étendues.

2.3.2. DÉFINIR LA SENSIBILITÉ

La **sensibilité** de la zone est définie par la fréquence d'apparition du verglas comparée à la fréquence d'apparition du verglas sur une section courante voisine.

On dira que la sensibilité est **faible** si la fréquence est de 1,5 à 2 fois celle de la section courante voisine :

forte : 2,5 à 5,

extrême : plus de 5.

2.3.3. ASSOCIATION DES CAUSES

L'étendue et la sensibilité étant arrêtées il convient alors de déterminer des causes probables expliquant la sensibilité de la zone.

L'animateur, ou le groupe d'animation créé localement pour cette occasion, synthétisera les observations individuelles et collectives les validera formellement grâce à la grille de corrélation (type de verglas, nature de causes) et les coroborera logiquement au contexte réel (géographie, climat, niveau de service, constats réels...).

L'ensemble étendue, sensibilité et types de cause sera reporté définitivement sur la carte.

Cette synthèse aidera grandement au choix de solutions qu'il faudra réaliser.

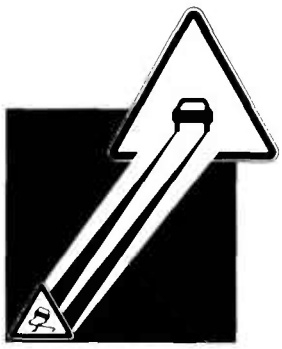
Sur un autre support transparent à même échelle on reportera les données objectives (signalisation, moyens existants, circuits...).

SENSIBILITE

NIVEAU S 1	extrême	importante	faible
ETENDUE: secteur entier	+ DANGER		
zone étendue			
zone localisée			

SENSIBILITE

NIVEAU S 2	extrême	importante	faible
ETENDUE: secteur entier	+ DANGER		
zone étendue			
zone localisée			



2.4. RECHERCHE DE SOLUTIONS

Pour terminer le travail il reste à déterminer la nature de l'action corrective à envisager et éventuellement l'urgence relative de cette action.

2.4.1. HIÉRARCHISER LES ZONES

Le choix des actions devant être **cohérent par itinéraire** et **par niveau de service**, leur hiérarchisation pourra tenir compte de la fréquence et de l'étendue des phénomènes ainsi que de l'habitude des conducteurs et des équipements des véhicules.

A titre indicatif il nous paraît intéressant de vous proposer l'analyse suivante qui partant des niveaux de service, croise ensuite l'étendue et la sensibilité de la zone pour arriver sur un « **niveau de danger** » de la zone.

RAPPEL DE LA DÉFINITION DES NIVEAUX DE SERVICE
(cf. directive 1978, sur l'organisation et l'exécution du service hivernal)

S1

Suivi continu, surveillance importante, salages préventifs ou mieux « précuratifs », en cas de besoin curatifs rapides 24 h sur 24, moyens propres.

S2

Surveillance moins systématique et interrompue la nuit, rares précuratifs, curatifs rapides entre une heure prédéfinie tôt le matin et une heure en soirée (ex. : 5 h - 21 h) en fonction du contexte local, moyens propres.

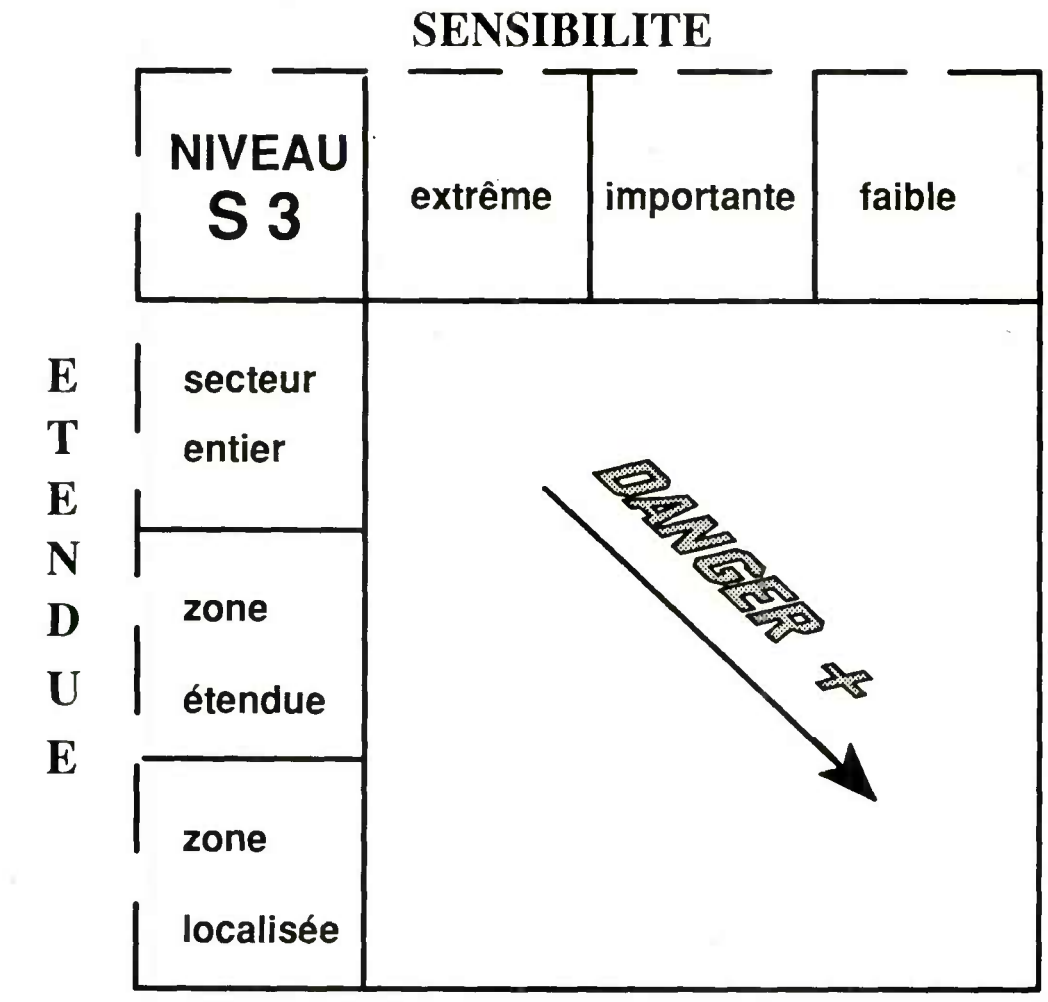
S3

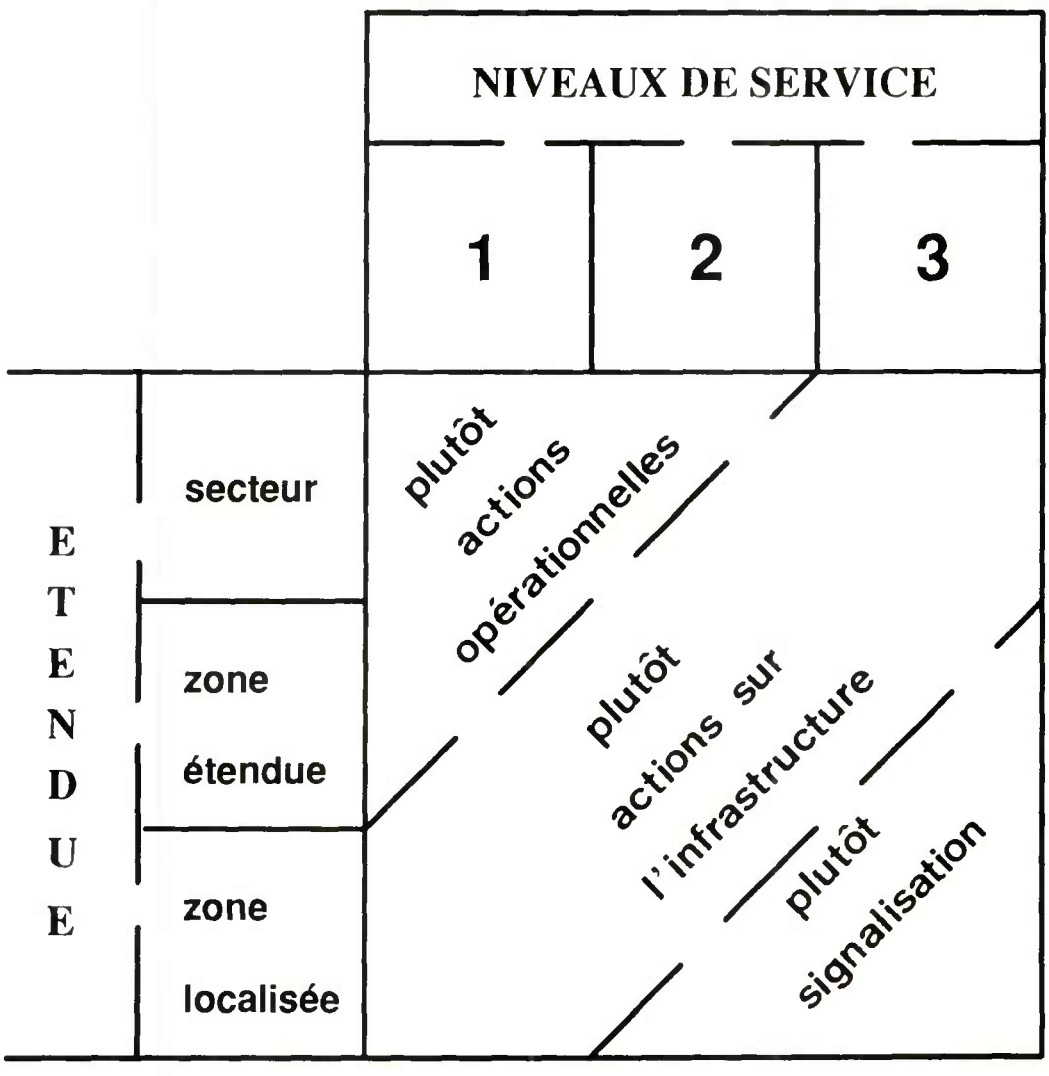
Pas de surveillance, pas de précuratif, curatifs limités dans la journée dans des délais pouvant être assez longs, pas de moyens propres à ce niveau (sauf cas particulier).

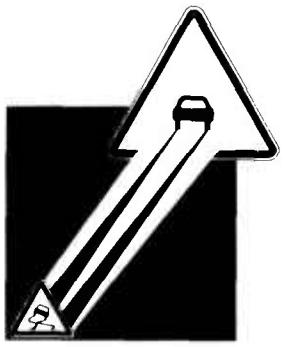
« NIVEAU DE DANGER »

Le « niveau de danger » d'une zone à verglas va résulter de la combinaison des 3 facteurs niveau de service, étendue, sensibilité.

Par exemple, une zone étendue et extrêmement sensible est relativement peu dangereuse en S3 (trafic local) et tout à fait anormale en S1 (problèmes de VH).


SENSIBILITE
NIVEAU S 3
extrême
importante
faible
ETENDUE
secteur entier
zone étendue
zone localisée
DANGER +


NIVEAUX DE SERVICE
1
2
3
ETENDUE
secteur
zone étendue
zone localisée
plutôt actions opérationnelles
plutôt actions sur l'infrastructure
plutôt signalisation



En question : Comment « gérer » une zone localisée faiblement sensible sur un itinéraire S1.

La signalisation (laquelle ?) est-elle suffisante ou au contraire trop marquée pour ne pas se discréditer ?

Quelques règles simples

■ L'urgence à réaliser des actions d'amélioration est liée au danger, donc à la sensibilité associée au « contexte perceptif » : sur une petite route à l'orée d'un bois, un dépôt de givre met immédiatement en alerte. Dans une plaine sur une grande nationale, un A4 tous les 2 km fait partie du paysage !

■ Un accident isolé ne doit pas forcément conduire à une action correctrice immédiate. Une série, si !

■ Le choix des urgences à traiter doit toujours s'effectuer **par niveau de service**. En effet la perception **homogène** des niveaux de service est un facteur prépondérant de la sécurité hivernale.

Sur le S1

En raison du trafic (transit, rapide, dense) le « niveau de danger » croît avec l'étendue et la sensibilité de la zone. Sur ce réseau il faut noter la faible prise en compte de la signalisation traditionnelle et la faible efficacité du contexte perceptif effacé au profit d'une impression globale de sécurité.

Sur le S2

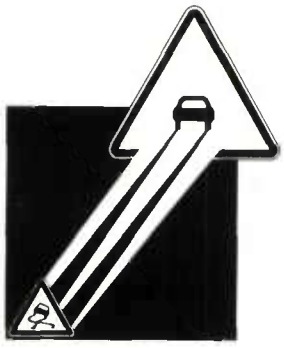
A la saison et aux heures où se produit le verglas ces itinéraires sont utilisés par des locaux ou des régionaux connaissant assez bien l'itinéraire. Par contre les vitesses sont souvent assez élevées (moindre trafic, impression de moindre contrôle de vitesse, efforts fréquents d'amélioration de tracé).

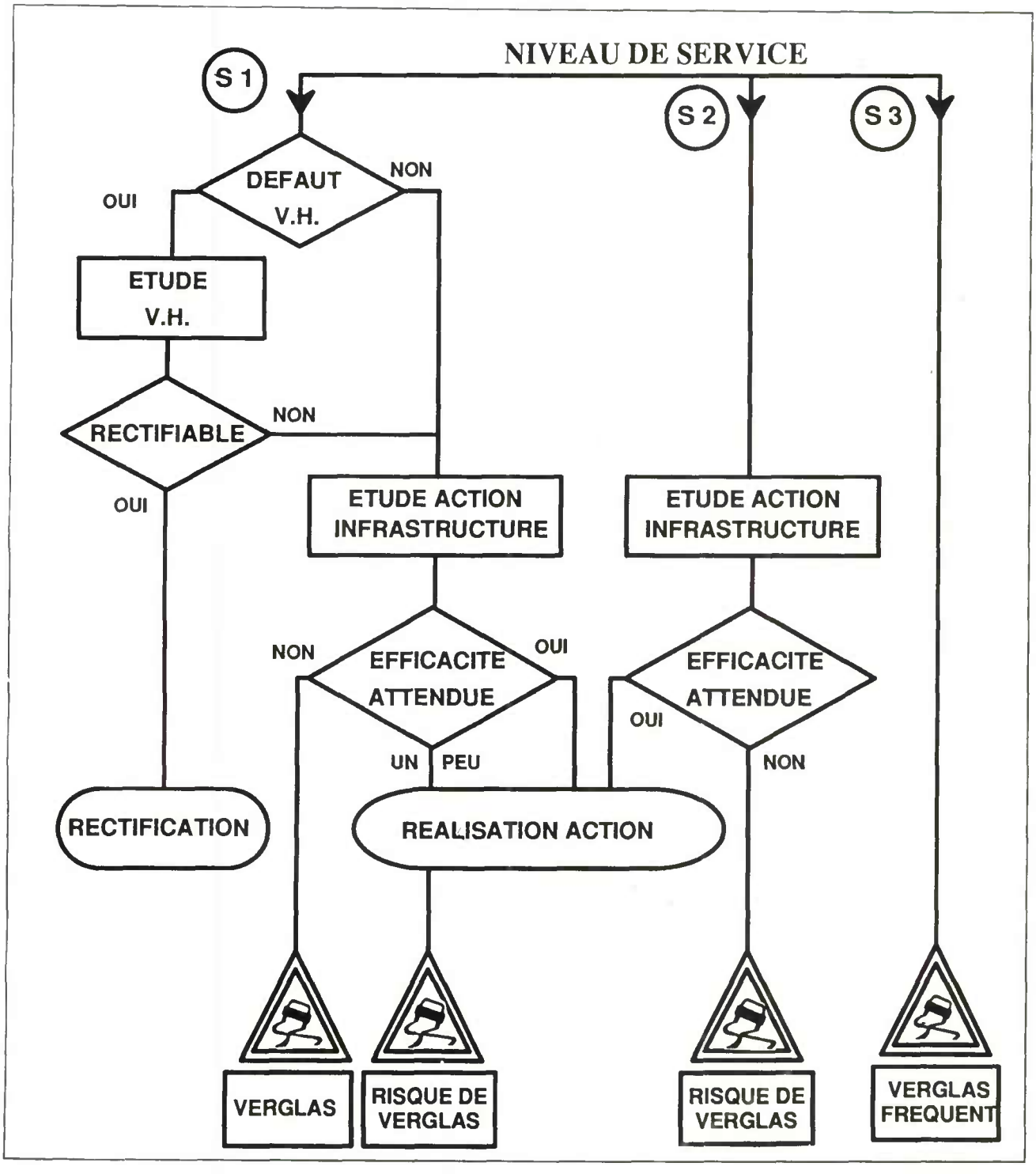
L'effet de surprise risque de jouer d'une façon plus importante, le danger reste proportionnel à la sensibilité.

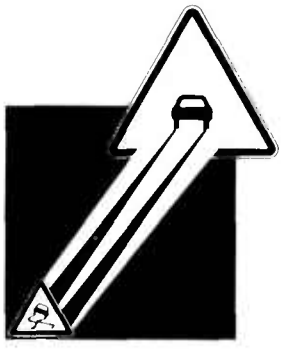
Le cas des zones touristiques hivernales est un peu particulier, nombreux « étrangers » circulant sur le S2 même à des heures difficiles.

Sur le S3

Le trafic purement local est en outre extrêmement faible aux heures traditionnelles du verglas. *Les pièges viendront plutôt d'une petite zone mal reconnue comme dangereuse par un habitué et qui va se révéler à une occasion particulière.*




NIVEAU DE SERVICE
S 1
S 2
S 3
DEFAUT V.H.
OUI
NON
ETUDE V.H.
RECTIFIABLE
NON
OUI
ETUDE ACTION INFRASTRUCTURE
ETUDE ACTION INFRASTRUCTURE
EFFICACITE ATTENDUE
NON
OUI
UN
PEU
EFFICACITE ATTENDUE
OUI
NON
RECTIFICATION
REALISATION ACTION
VERGLAS
RISQUE DE VERGLAS
RISQUE DE VERGLAS
VERGLAS FREQUENT



Il est difficile d'aller plus loin en matière de hiérarchisation des zones.

En tout cas, l'urgence de la solution devra être identique, pour un niveau de service donné, le **long d'un itinéraire** reconnu comme tel : la suppression des pièges doit faire l'objet d'un travail continu le long d'un axe. En particulier les points durs en matière de tracé et de profil seront regardés **en priorité** :

— 1er virage de rayon nettement inférieur aux précédents,

— obligation d'arrêt en pente,

— forte rampe,

— fin de zone à voie multiple,

— etc.

2.4.2. CHOISIR DES SOLUTIONS

L'éventail des solutions est relativement large. On peut les classer en 3 catégories :

■ Les actions liées à l'infrastructure :

— qui visent, **si possible, à traiter les causes** de la présence d'un point singulier verglas (maîtrise des arrivées d'eau, de son évacuation, limitation du refroidissement),

— qui visent, **à défaut, à limiter les effets** du verglas sur l'adhérence ou au pire, des sorties de route (atténuation des impacts), ces actions sont réalisées à longueur d'années.

■ Les **actions opérationnelles** visant à **empêcher, atténuer ou supprimer** la présence de verglas par un traitement de la chaussée.

■ Les **actions à destination de l'usager qui visent à favoriser** l'adaptation des équipements et de la conduite en particulier par **une meilleure perception des dangers.**

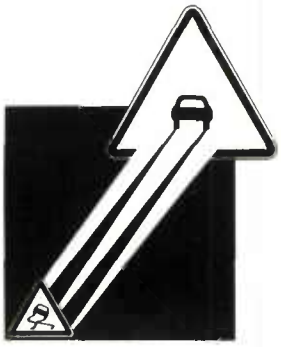
Le choix de la catégorie à privilégier peut être fait en fonction du niveau de service et de l'étendue de la zone. La **grille** proposée n'est qu'indicative mais elle permet de distinguer :

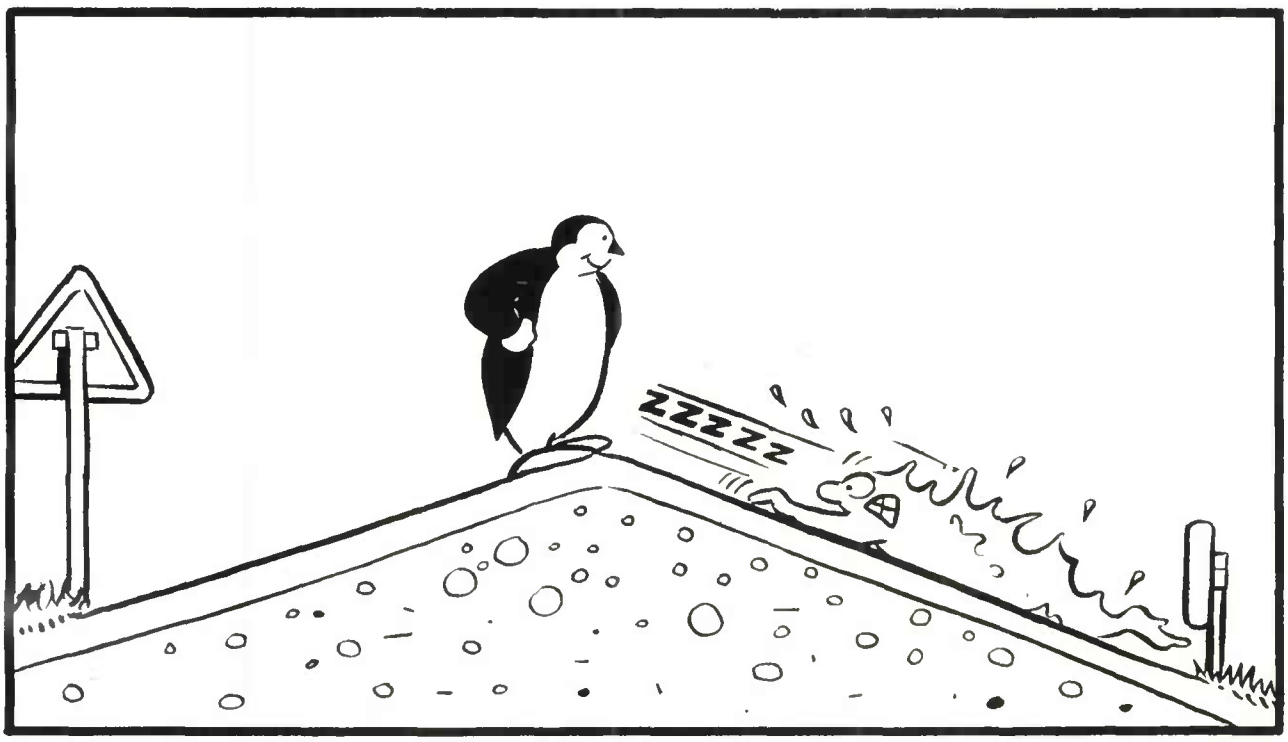
• **Les actions opérationnelles** à favoriser sur les niveaux de service élevés et sur des secteurs étendus (rentabilité des interventions).

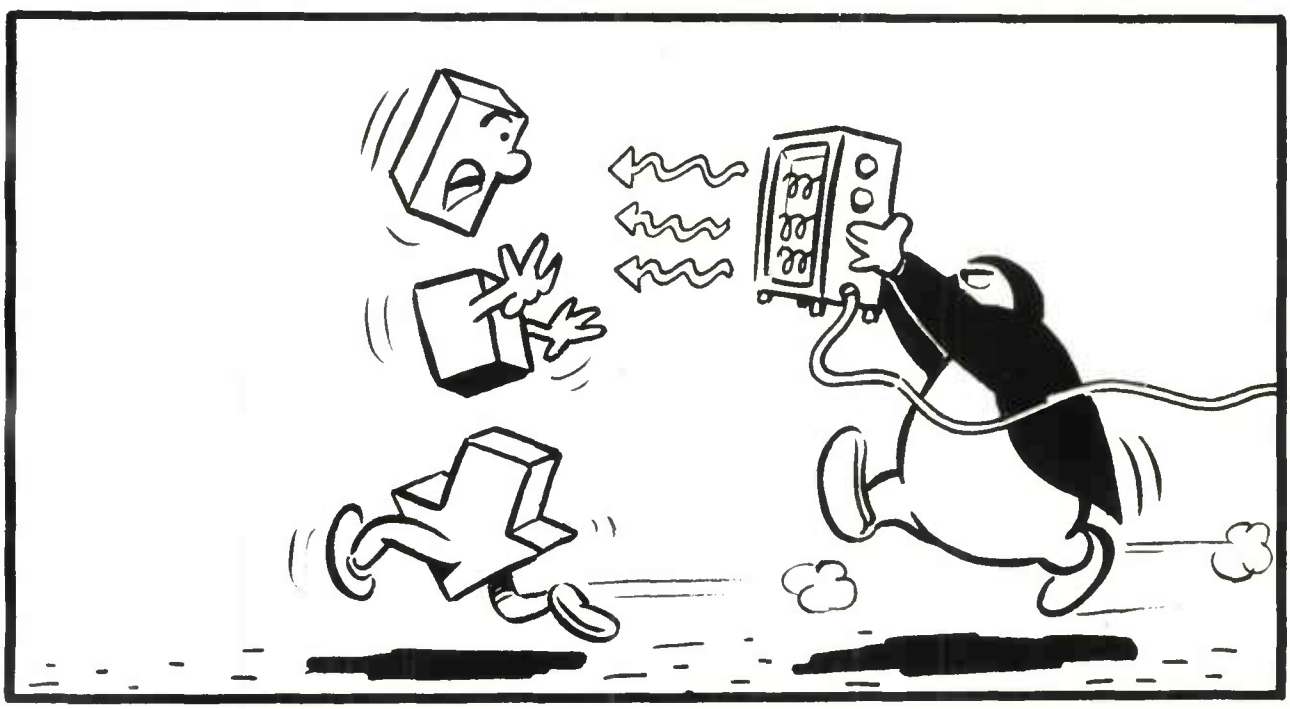
• **Les actions sur l'infrastructure** qui peuvent avoir une large plage d'utilisation des points singuliers sur S1 à des sections entières sur S3.

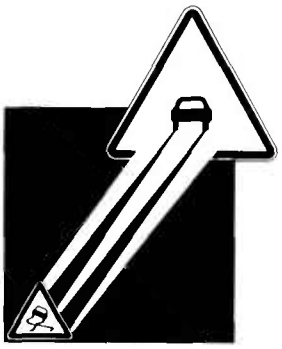
• **Les actions de signalisation** qui bien que souvent généralisées ne sont souvent efficaces que dans un contexte spécifique (réseau local et zones limitées).

L'organigramme ci-joint permet de déboucher sur la solution optimale de signalisation après avoir regardé les autres solutions.




zzzzz





2.4.2.1. Quelles actions sur l'infrastructure ? (cf. chapitre 3.1.)

Ces actions consistent à jouer sur la présence intempestive de verglas :

— Peut-on maîtriser la source d'arrivée de l'humidité ?

— Peut-on limiter la présence d'eau sur la chaussée ?

— A défaut peut-on limiter le refroidissement de la zone ?

Si ces actions ne suffisent pas à atténuer la spécificité de la zone, on recherchera à limiter l'effet sur l'adhérence d'une formation de verglas (voir les fiches sensibilité des revêtements).

En dernier ressort on envisagera de limiter l'agressivité de la zone en cas de sortie de route.

Nota : la signalisation n'est pas traitée dans cette partie.

2.4.2.2. Quelles actions opérationnelles ? (cf. chapitre 3.2.)

La lutte active contre le verglas est un tout qui s'exprime à travers l'organisation de la viabilité hivernale dans son ensemble. L'idée directrice, sans vouloir tout réorganiser, tâche lourde et complexe, est de mieux le « sentir venir », le surveiller, l'anticiper (en préventif) et aussi réagir plus vite, plus efficacement en curatif.

Des actions sont possibles :

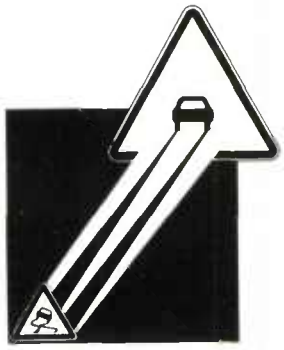
— sur **l'organisation** en particulier les circuits,

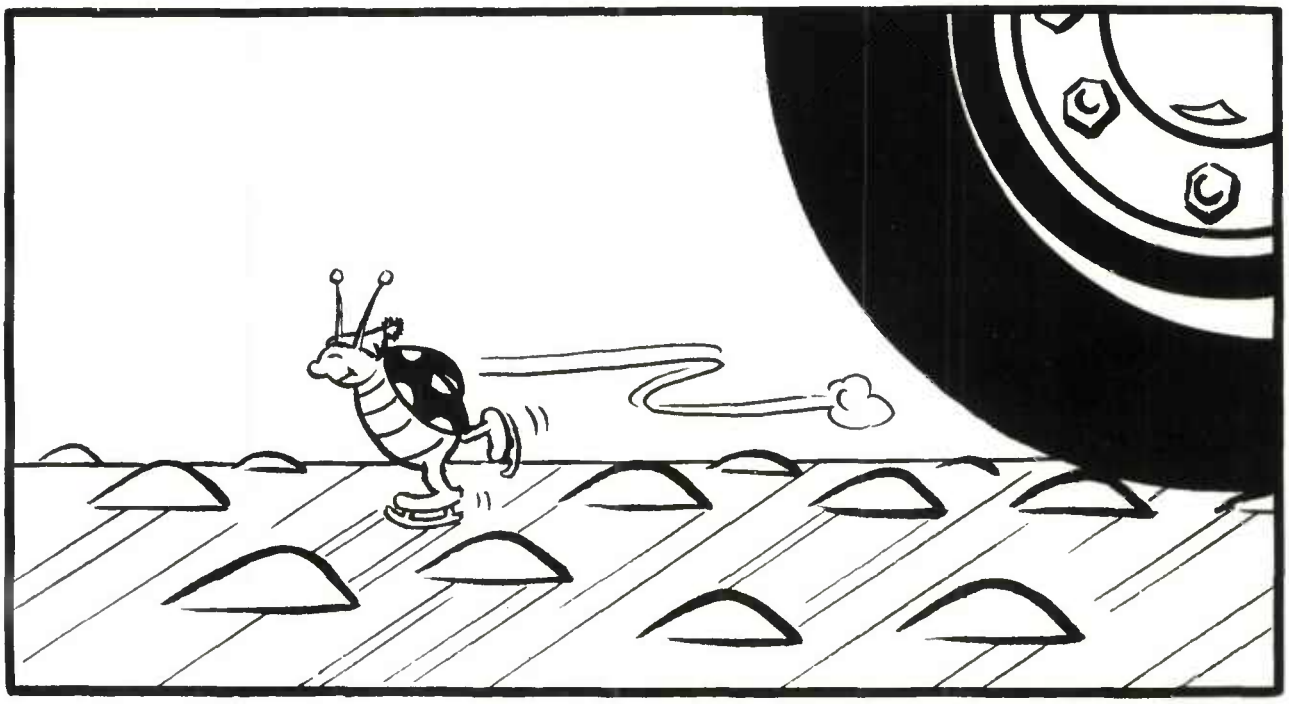
— sur le **suivi météo et routier** (paramètres plus ciblés et plus fins),

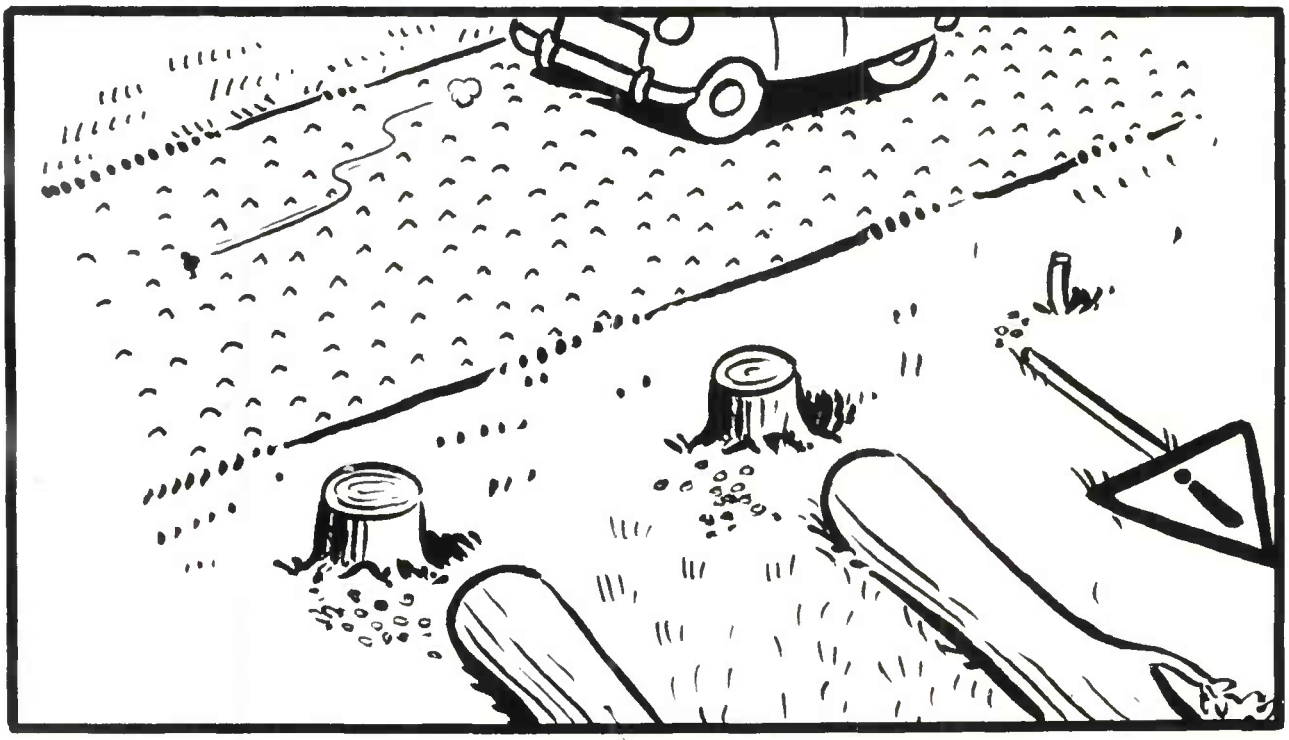
— la nature des moyens et leur rapidité de mise en action,

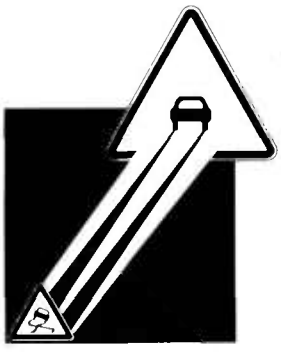
— sur la **signalisation A4**,

mais toutes ces actions entraînent plus ou moins une remise en cause des pratiques en cours qu'il convient de gérer avec une certaine prudence.









2.4.2.3. Quelles actions vers les usagers (cf. chapitre 3.3.)

Toutes les études en matière de sécurité débouchent sur le comportement de l'usager. Il est certain que sa part dans la lutte active contre l'insécurité routière peut et doit être importante.

Encore faut-il que les actions que l'on mène ne viennent pas infirmer, voire discréditer des efforts faits par ailleurs !

Un seul exemple : est-ce qu'un panneau A4 accompagné du panonceau verglas fréquent, posé sur un itinéraire S1, est susceptible de faire comprendre à l'usager :

— ce qu'est le S1,

— la signification réelle de ce panneau... et surtout ne le discrédite-t-il pas sur une petite route.

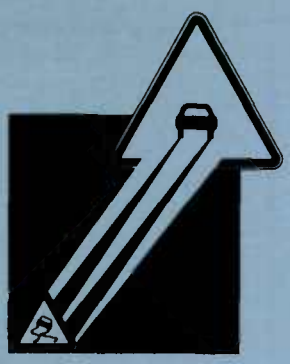
Les actions vers les usagers doivent répondre à certains critères :

— la LOGIQUE (loin de se référer aux textes ou à la haute technologie, l'usager moyen en reste à des réflexions de bon sens... et si on travaillait dans ce sens !),

— la COHÉRENCE d'ensemble (y compris inter-départementale), l'usager doit comprendre et surtout ressentir la notion de niveau de service. Les pièges doivent être gommés en continu ou — s'ils sont laissés — très apparents !

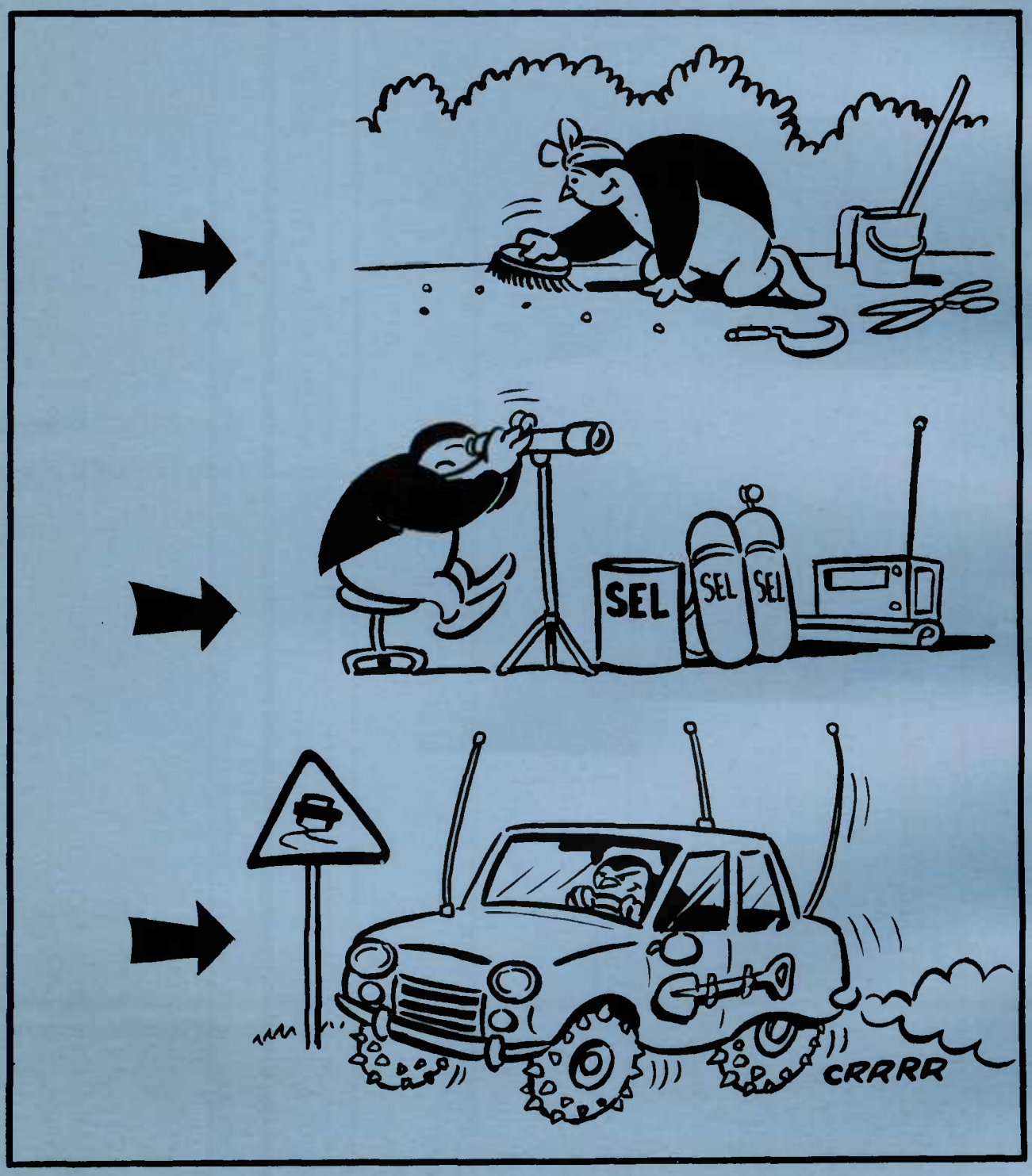
— la CLARTÉ, la terminologie employée, le sens et la continuité des messages, leur facilité d'accès... tout doit concourir à favoriser la lecture de la route et de ses difficultés.

Page laissée blanche intentionnellement



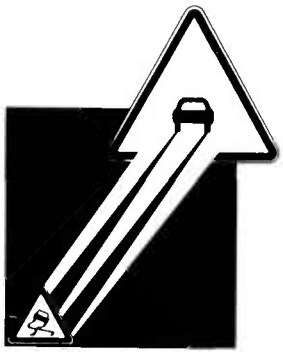
PARTIE III

ACTIONS POSSIBLES



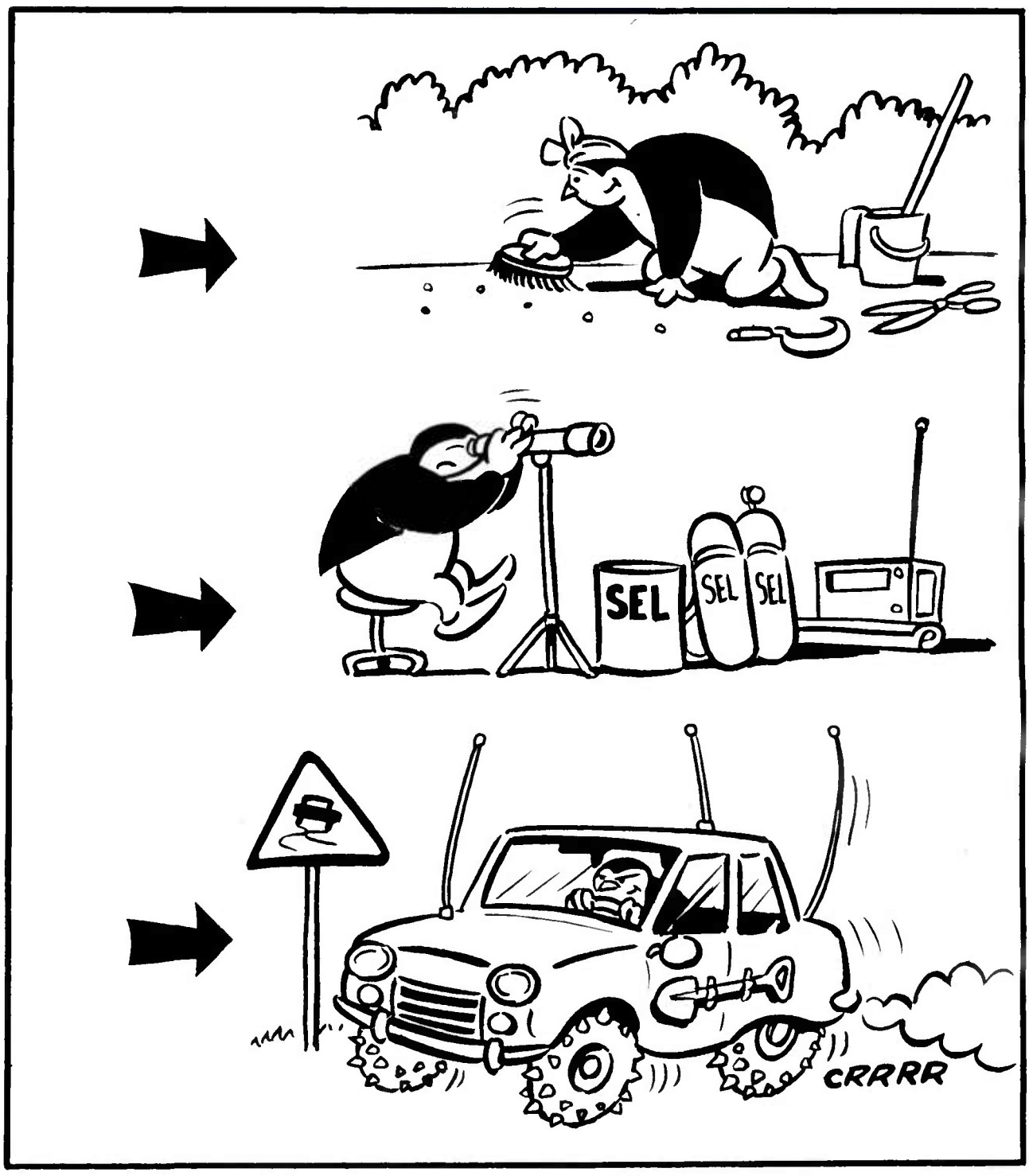
SOMMAIRE - PARTIE III

310 Actions sur le réseau.
311 Environnement général.
312 Tracé.
313 Ouvrages d'art.
314 Structures.
315 Drainage - Assainissement.
316 Revêtements.
317 Accotements - Parkings - Aires d'arrêt.
318 Equipements de la route.
319 Végétation.
320 Viabilité hivernale.
321 Prendre en compte le verglas dans les PIVH.
322 Comment améliorer la prise de décision ?
323 Amélioration du bulletin météorologique.
324 Prendre en compte le verglas dans le suivi local.
325 Outils d'aide à la décision.
326 Systèmes d'aide à la décision.
327 Thermoroute.
328 Améliorer l'efficacité des traitements.
329 Une bonne gestion du A4.
330 Actions vers les usagers.
331 Information « temps réel » vers l'usager de la route.
332 Montage d'une campagne grand public.
333 Une bonne prise en compte des dangers.
334 Qu'est-ce que l'adhérence ?
335 Adhérence et route.
336 Adhérence et véhicule.
337 Qu'est-ce qu'un niveau de service ?
338 Lecture des panneaux « verglas ».
339 Comment réagir sur route hivernale ?
340 Quelques conseils sur les équipements.



PARTIE III

ACTIONS POSSIBLES



Page laissée blanche intentionnellement

ACTIONS SUR LE RÉSEAU

Ces actions visent à réduire les possibilités de formation de verglas surtout dans des points singuliers.

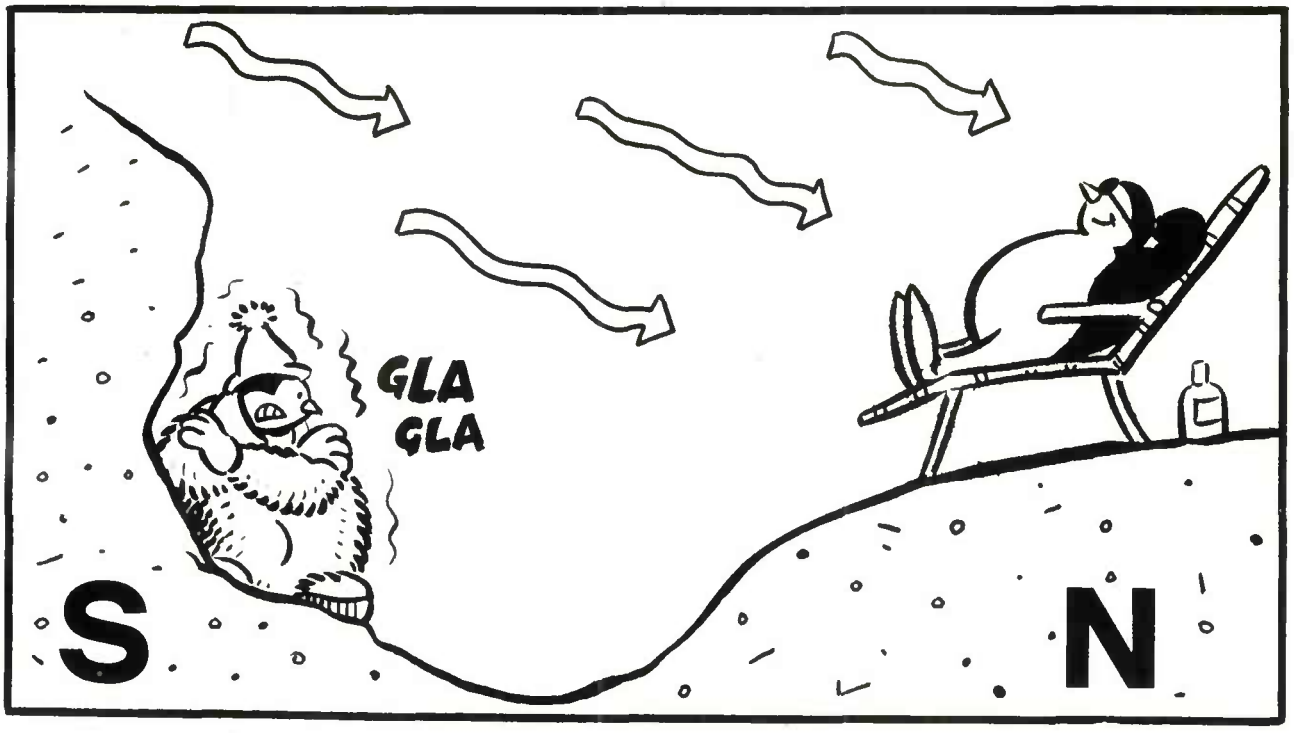
Or les points sont singuliers vis-à-vis du verglas car la présence d'eau en surface est plus fréquente et (ou) le froid y est localement plus marqué.

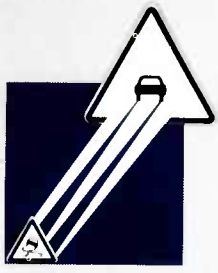
Il faudra raisonner sur l'ensemble des paramètres en cause (types de verglas, chaussées, revêtements, abords, environnement...) pour chercher des moyens de limiter les manifestations particulières de verglas.

A défaut de pouvoir jouer sur la venue ou la suppression de l'eau ou encore sur la température de surface, on pourra adapter le revêtement pour limiter l'effet du verglas sur l'adhérence.

On cherchera en dernier ressort à limiter l'agressivité de la zone en cas de sortie de route.

ENVIRONNEMENT GÉNÉRAL
Approche des problèmes





ENVIRONNEMENT GÉNÉRAL
Approche des problèmes

Sous le terme environnement général on englobe tout ce qui entoure la route et sur lequel on ne peut pas avoir d'action directe. L'action pourra être menée vis-à-vis des conséquences que peut avoir cet environnement sur la route.

L'altitude

A partir de la surface terrestre la température **décroît en moyenne de 0,5 °C tous les 100 m.**

Le relief

Un relief prononcé crée des zones d'expositions différentes (ex. : au nord). Le relief induit des effets dynamiques (mouvements latéraux verticaux) générateurs d'effets **thermiques.**

Les circulations d'air préférentielles

D'une façon générale les filets d'air ont tendance à épouser plus ou moins le profil d'un relief. On peut noter les brises de montagne ascendantes ou descendantes (jour, nuit) ainsi que l'action des vallées sur l'écoulement des vents. De même les mouvements d'air près des côtes **brise de mer, brise de terre** (jour, nuit) sont générateurs de variations thermiques. Il existe d'autre part **à l'échelle de la route** des circulations d'air (courants d'air) susceptibles d'engendrer ponctuellement des variations thermiques (ex. : ouvrages d'art).

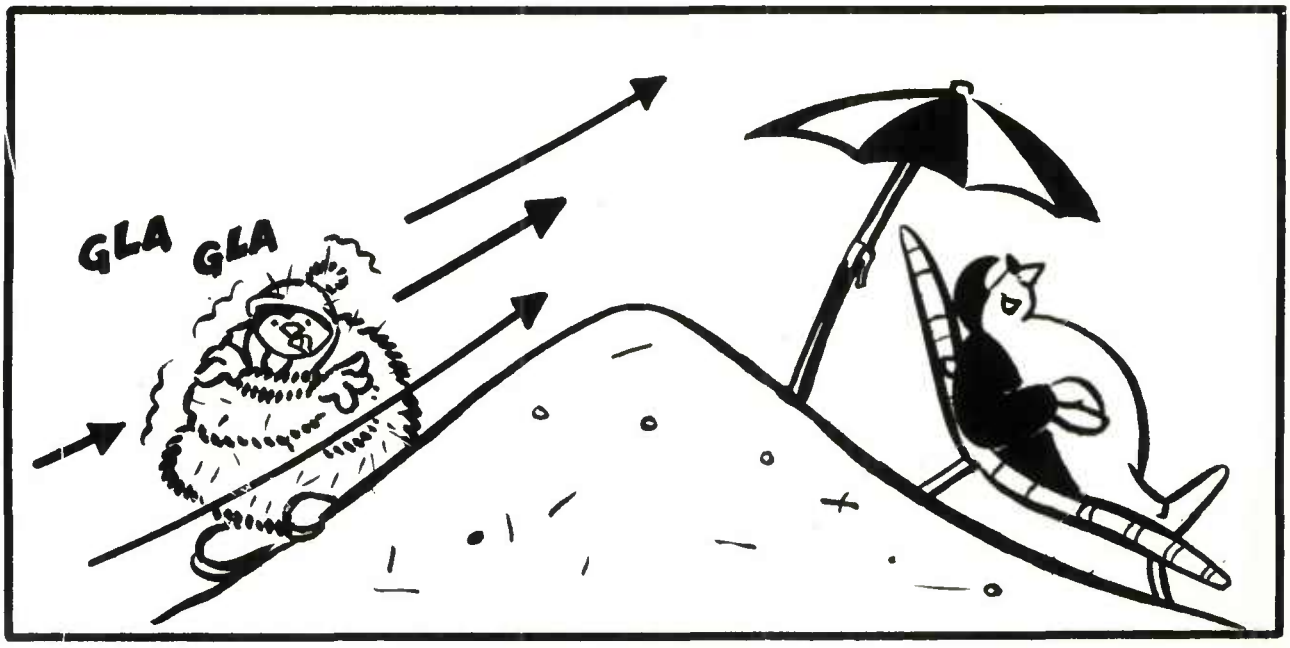
L'incidence de ces circulations est fonction du site, de l'orientation, de la géométrie (ex. : en forêt).

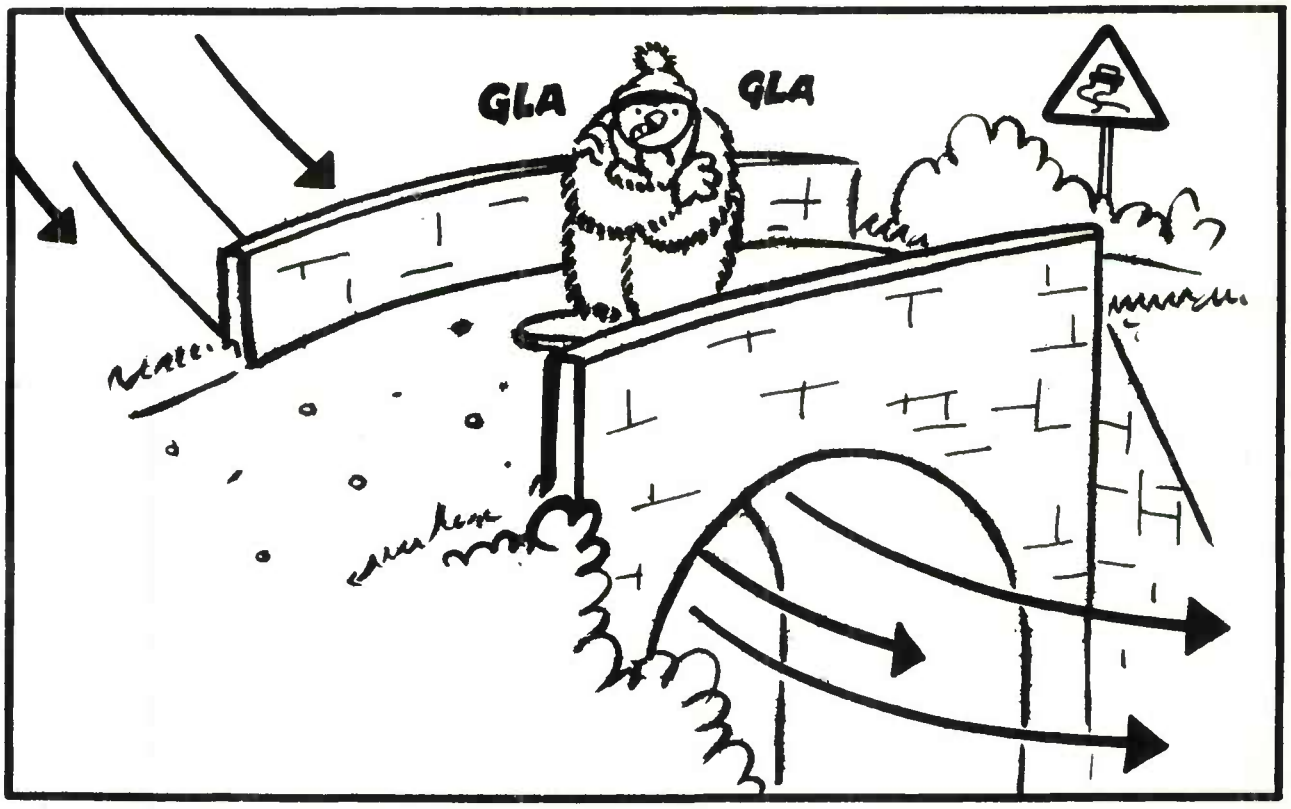
L'exposition

L'exposition des versants (ubac, adret) a une incidence importante sur les **températures**. En montagne les versants ubac sont ceux où le couvert forestier s'arrête le plut tôt en altitude. La végétation y est donc beaucoup moins dense et les températures plus basses du fait d'une **exposition solaire très faible.**

Ces constatations peuvent être faites (sauf pour la végétation) aussi sur des zones de faible altitude mais à relief marqué. D'une manière générale dès qu'une zone ne bénéficie pas d'ensoleillement les températures y sont plus basses.

ENVIRONNEMENT GÉNÉRAL
Approche des problèmes





ENVIRONNEMENT GÉNÉRAL
Approche des problèmes

L'orientation de la chaussée

L'orientation de la chaussée conditionne l'**exposition solaire** ainsi que la position par rapport aux vents dominants.

Le comportement thermodynamique de l'environnement et de la route

La fraction de **rayonnement solaire réfléchie est variable** selon la nature du sol, son état de surface (rugosité, etc.) et la présence d'eau (etc.).

Effet des masses d'eau

Les **masses d'eau importantes** (mer, lac) ont un **effet régulateur** sur les températures des **masses d'air** environnantes.

Les **zones humides** (étangs marais, fossés pleins) ont pour effet d'entretenir loalement une **humidité relative plus forte** (de l'ordre de 5 %).

ENVIRONNEMENT GÉNÉRAL
Approche des solutions

En matière de tracé existant il n'existe pas a priori de dispositions simples permettant de faire face aux variations de température et aux variations d'humidité relative liées à l'environnement général.

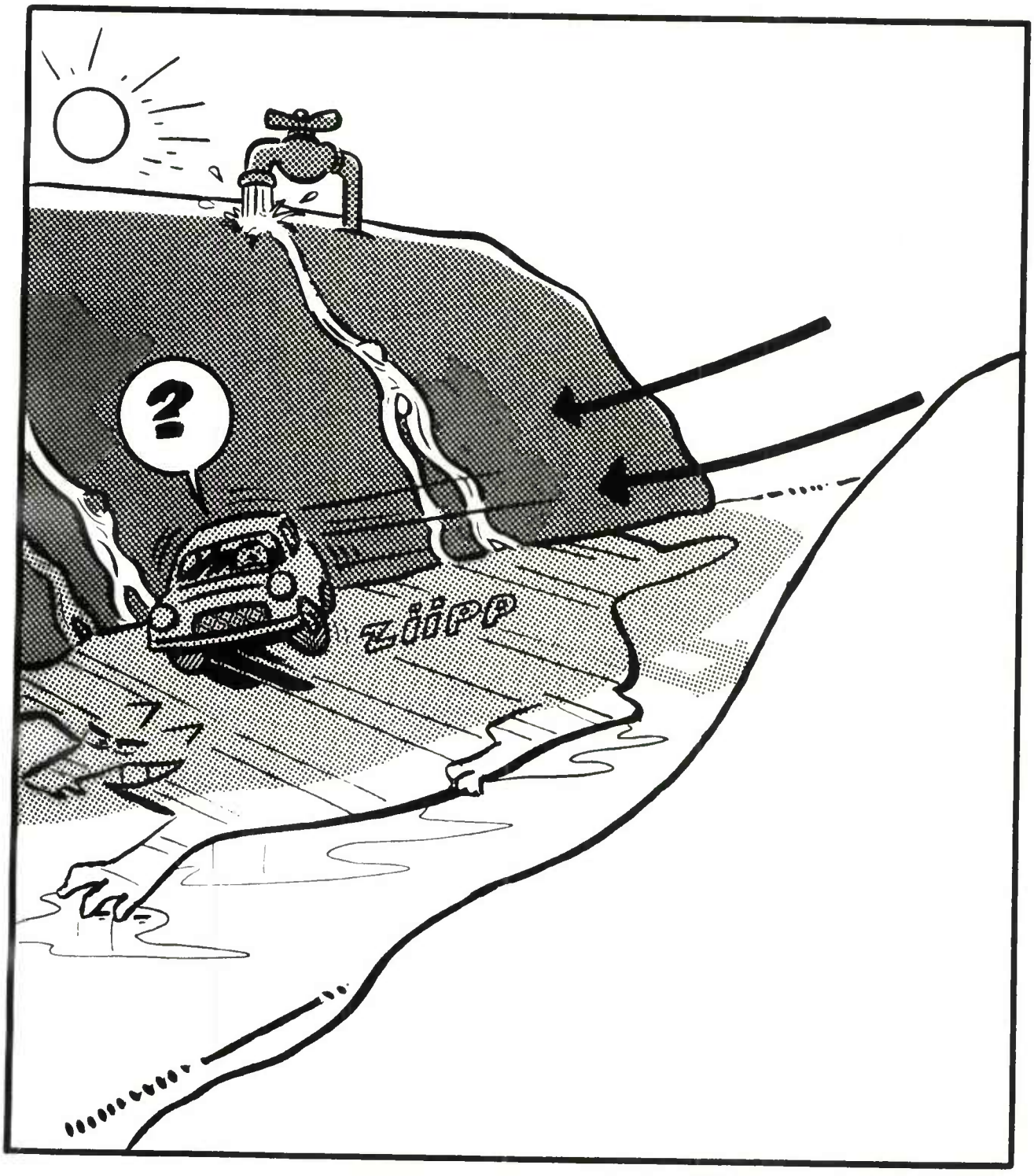
Il est possible de s'orienter pour les travaux d'entretien vers des revêtements mieux adaptés (cf. fiches 316) aux problèmes hivernaux

ainsi que vers des dispositifs de retenue pour certains points particuliers (revêtement à adhérence progressive, glissières, etc.)

Pour les tracés neufs il est important de connaître les phénomènes et d'intégrer des paramètres tels, que le relief, l'orientation, la climatologie locale, dans le choix du tracé et des techniques.

Il est nécessaire d'assurer une surveillance accrue sur certains points particuliers d'un itinéraire et d'adopter des circuits d'intervention intégrant des paramètres concernant l'environnement général.

TRACÉ
Approche des problèmes



TRACÉ
Approche des problèmes

Profil en long

Une **pente longitudinale importante** ainsi qu'un profil en long mouvementé sont souvent un handicap en matière de Service Hivernal. Les problèmes rencontrés sont souvent liés à la présence de **poids lourds** (motricité).

Les ombres portées dues au profil en long peuvent être génératrices de baisse de température (les problèmes sont bien sûr liés à l'orientation).

Des pentes longitudinales importantes avec des pentes transversales limitées peuvent devenir des chemins préférentiels de circulation d'eau, ⚠ aux changements de dévers.

Tracé en plan

Le profil en long est directement lié au tracé en plan. Les virages isolés à faible rayon sont des points durs.

Dévers, pentes transversales

Les dévers et les pentes transversales doivent permettre **l'évacuation des eaux**. Une absence de dévers ou de pente transversale crée souvent des zones **d'accumulation d'eau**.

On peut faire les mêmes remarques pour les virages. Il faut faire attention à ce que la chaussée ne soit pas alimentée par la partie haute du dévers et à l'évacuation de l'eau à la corde du virage.

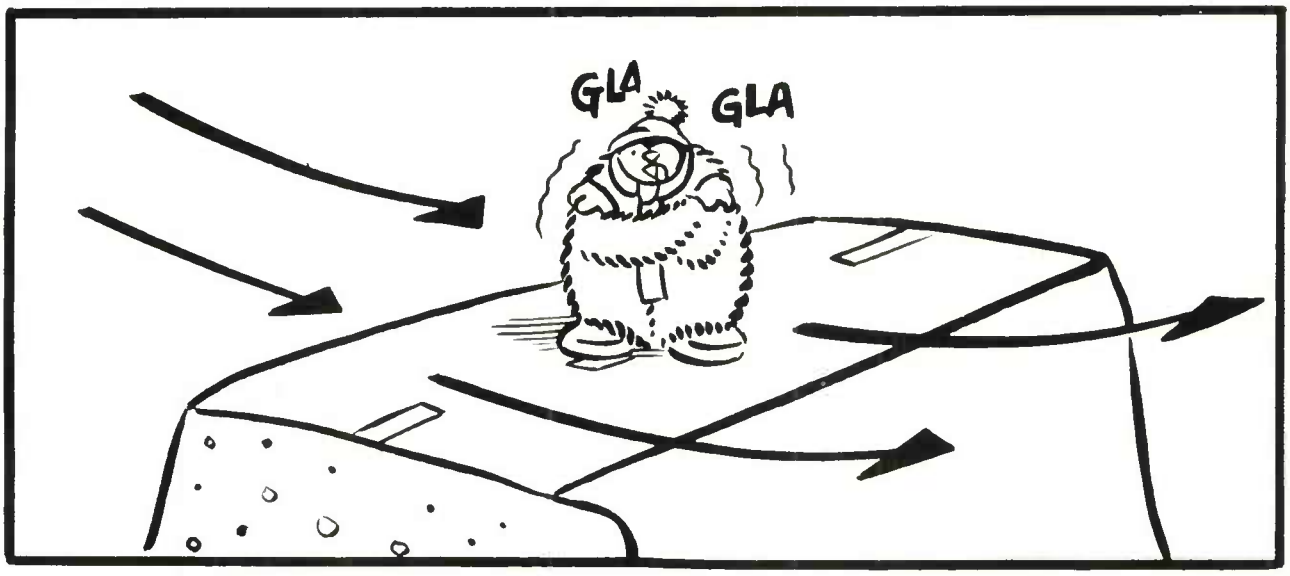
Déblais, remblais, zones de transition

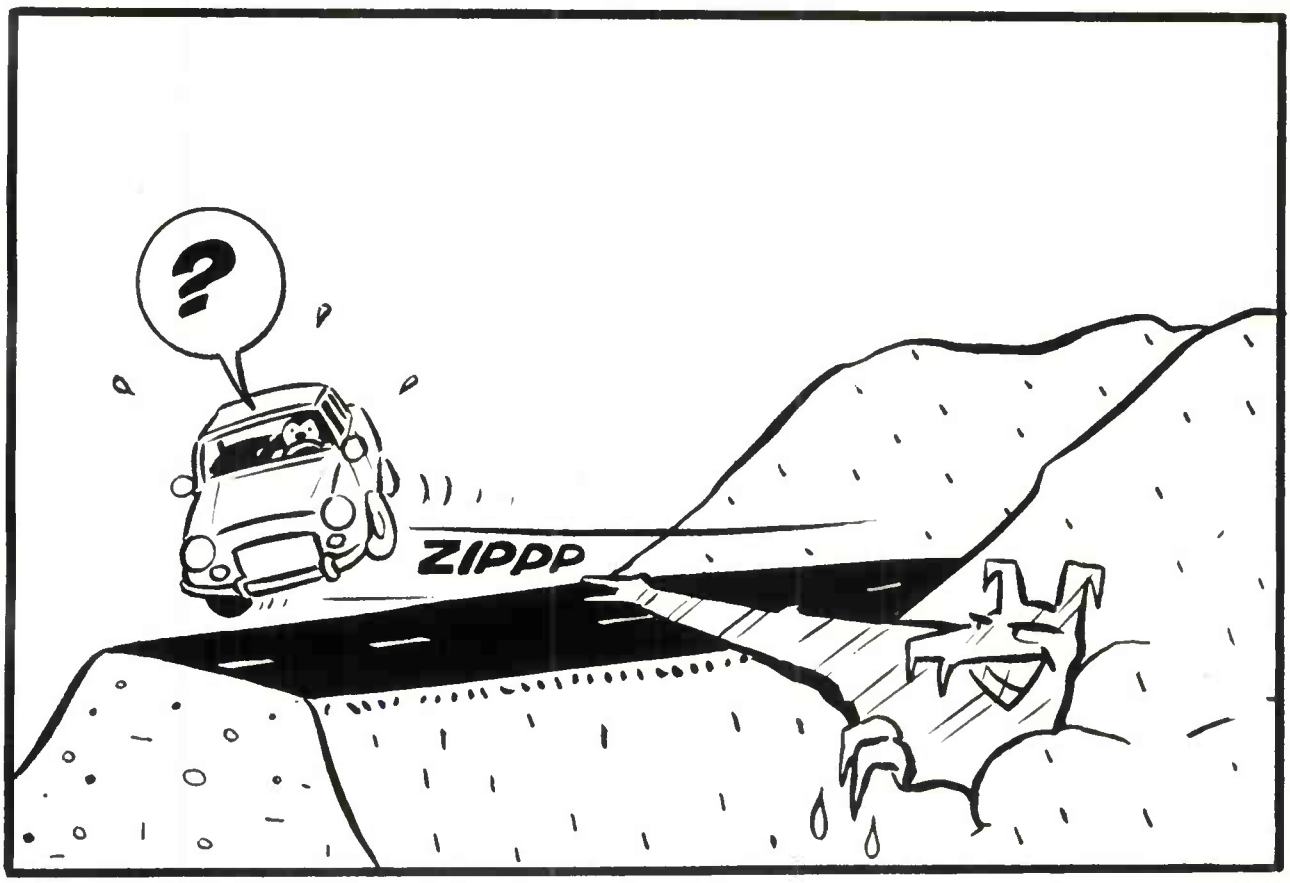
Ces différentes zones sont liées à la configuration du profil en long et du terrain naturel.

Déblais : Les corps de chaussée en zone de déblai sont susceptibles d'être alimentés plus facilement en eau du fait de la présence des talus de déblais, des bassins versants supérieurs, et des eaux internes.

En fonction de l'**orientation** il est possible qu'une partie des chaussées soit à l'ombre, et que les chaussées subissent des « **courants d'air** ».

TRACÉ
Approche des problèmes



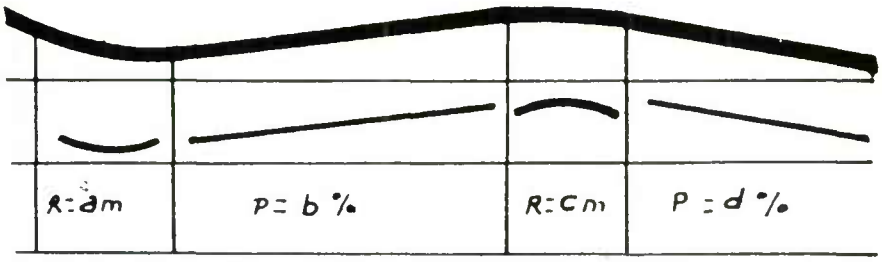


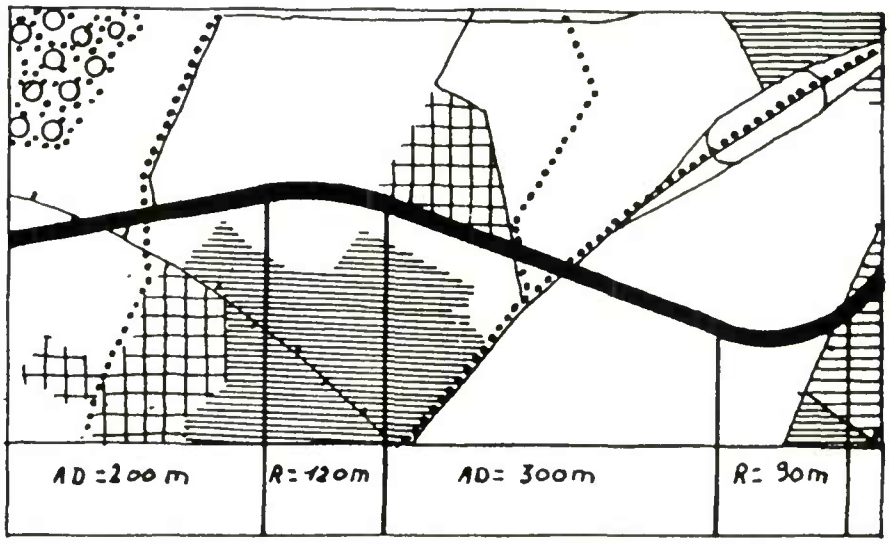
TRACÉ
Approche des problèmes

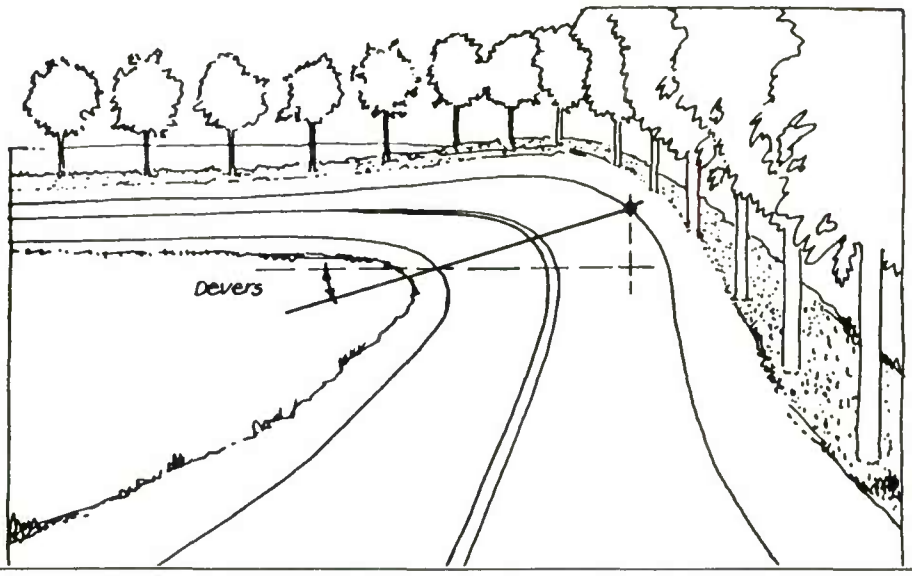
Remblais : Les surfaces de chaussée, en fonction des vents dominants, peuvent être sujettes à des **variations thermiques** importantes. La hauteur du remblai et la pente de talus, peuvent générer des turbulences.

Transition déblai-remblai. Ces zones sont sujettes à des alimentations en eau avec parfois des **résurgences** dans les fossés et à la surface même de la chaussée.

TRACÉ
Approche des solutions







TRACÉ
Approche des solutions

En matière de tracé existant :

— Il est possible de s'orienter vers des solutions d'entretien adaptées aux problèmes hivernaux (cf. fiches 316).

— Assurer une surveillance accrue sur certains points (côtes, virages...) et adapter les circuits d'intervention en conséquence.

— Prévoir des améliorations du tracé, rectification, écrêtement, voie lente... (⚠ les améliorations induisent souvent des vitesses plus élevées).

En matière de tracé neuf :

— Pour les projets neufs, la viabilité hivernale n'est que très rarement un critère prioritaire en matière de choix, il est cependant bon de ne pas perdre de vue certains points.

— Le tracé en plan : il devra prendre en compte l'orientation des versants vis-à-vis de l'exposition solaire, la pente des versants, l'orientation vis-à-vis des vents dominants (difficile à prendre en compte...). Eviter les zones humides, position des nappes.

— Le profil en long : éviter les grands remblais (courants d'air) et les grands déblais (dans la mesure du possible) limiter les pentes longitudinales et les pentes de talus.

— Connaître la climatologie locale → adaptation des moyens du service hivernal.

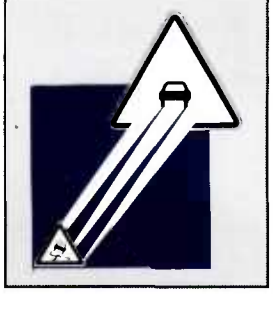
— Création de voies PL.

— Choix des revêtements (cf. fiches 316).

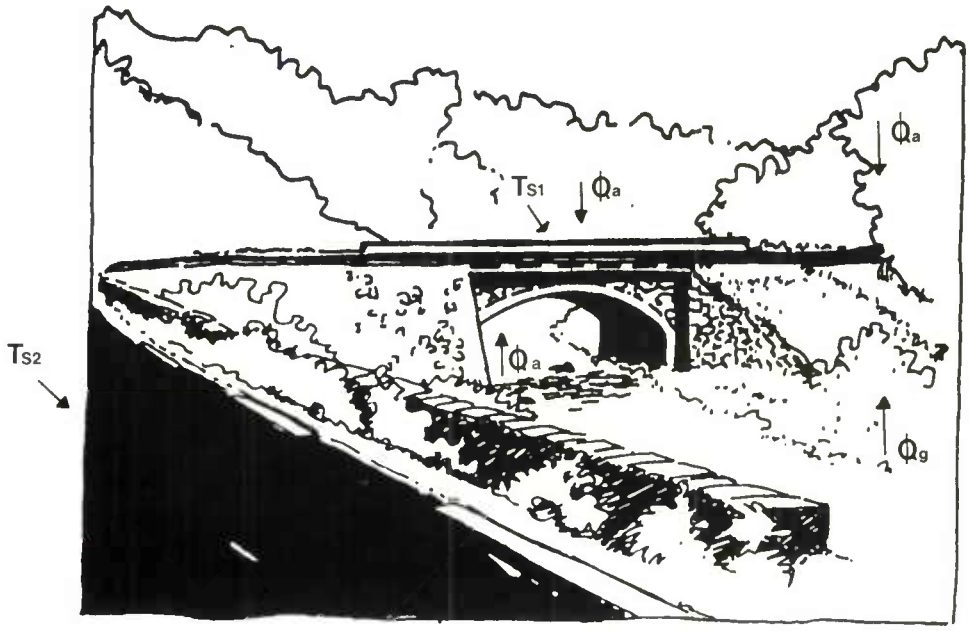
— Bien implanter les plantations (⚠ aux ombres portées) (idem pour les équipements de la route).

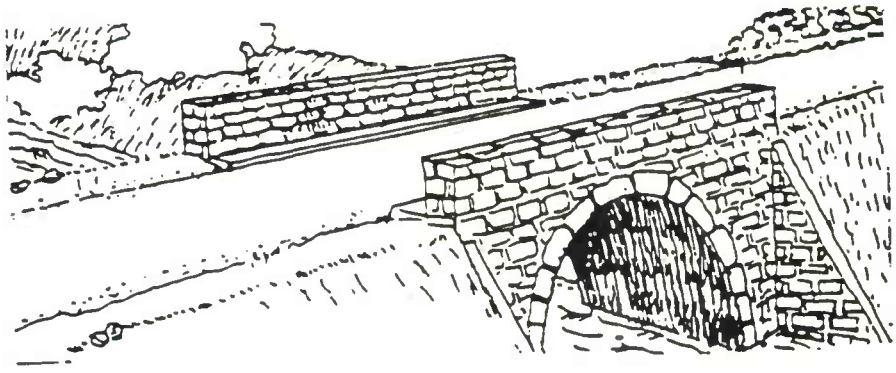
— Pour les déblais, remblais et zones de transition, les solutions concernent surtout les systèmes d'assainissement et de drainage (cf. fiches 315).

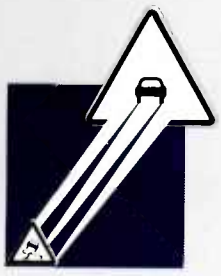
Il est important d'autre part de faire respecter des **pentes de profil en travers minimales de 2,5 %**.



OUVRAGES D'ART
Approche des problèmes







OUVRAGES D'ART
Approche des problèmes

Les ouvrages d'art constituent des **discontinuités** :

thermiques

— De par les matériaux constitutifs différents de ceux environnants.

— De par la possibilité de circulation de l'air (courants d'air).

hydrauliques

Ils constituent une discontinuité :

— dans l'écoulement des eaux (au droit des OA ⇒ souvent zones d'accumulation des eaux),

— dans la densité du massif environnant (× plus faible au droit, des OA donc $\lambda \nearrow$).

T_{S1} = température de la surface de la route au niveau de l'ouvrage.

T_{S2} = température de la surface de la route en section courante.

Φ_a = flux thermique atmosphérique.

Φ_g = flux thermique géothermique.

Au maximum T_{S2}-T_{S1} $\simeq$ 5 °C, en minima hivernaux pour des ponts en béton armé.

T_{S2}-T_{S1} $\simeq$ 2 °C pour des ponts en pierre.

Page laissée blanche intentionnellement

OUVRAGES D'ART
Approche des solutions

Les ouvrages d'art posent deux types de problèmes :

— d'une part une sensibilité plus grande aux variations thermiques,

— d'autre part, ces ouvrages sont en général sensibles à la corrosion due à l'utilisation de fondants classiques.

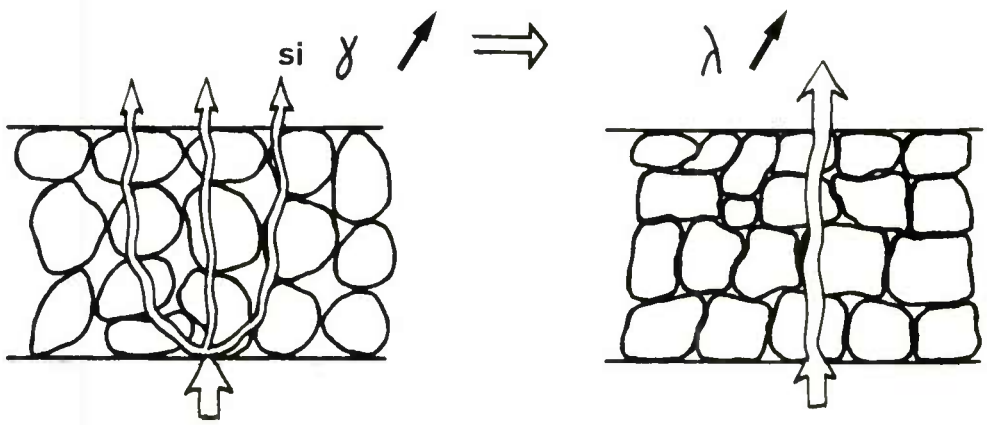
En matière de construction ou d'entretien des couches de surface il faut s'orienter vers des revêtements adaptés aux problèmes de verglas (cf. fiches 316).

Les ouvrages d'art doivent faire l'objet d'une surveillance accrue, et être intégrés (souvent de façon prioritaire) dans les circuits d'intervention.

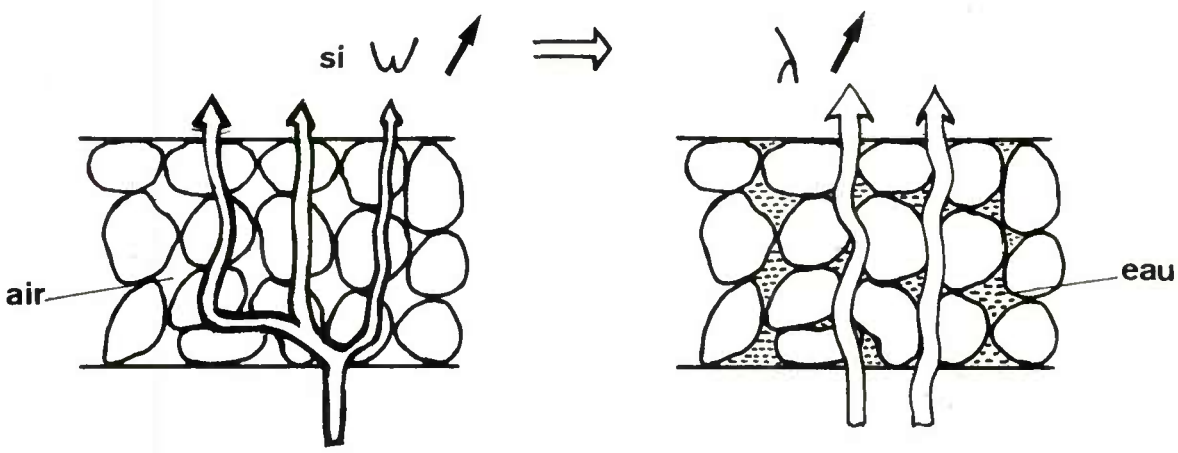
Les PI en matière de projets neufs sont en général préférables aux PS. Les voies interceptées étant en général de moindre importance et le PI moins contraignant.

STRUCTURES
Approche des problèmes

DENSITE



TENEUR EN EAU



λ air 0,024 W/m K

λ eau 0,5 W/m K

STRUCTURES
Approche des problèmes

Les matériaux en fonction de leur nature, de leur teneur en eau, de leur état (gelés-non gelés) et de leur densité, présentent des comportements thermiques différents. Le comportement thermique est principalement caractérisé par la conductivité thermique λ. Cette valeur varie en fonction :

— du type de matériau (les produits noirs ont une conductivité thermique supérieure aux produits blancs),

— de la teneur en eau w (la conductivité augmente avec la teneur en eau),

— de l'état, la conductivité d'un matériau humide gelé est supérieure au même corps non gelé,

— de la densité.

L'épaisseur de chaque couche influe sur les échanges thermiques et sur la vitesse d'échange.

Page laissée blanche intentionnellement

STRUCTURES
Approche des solutions

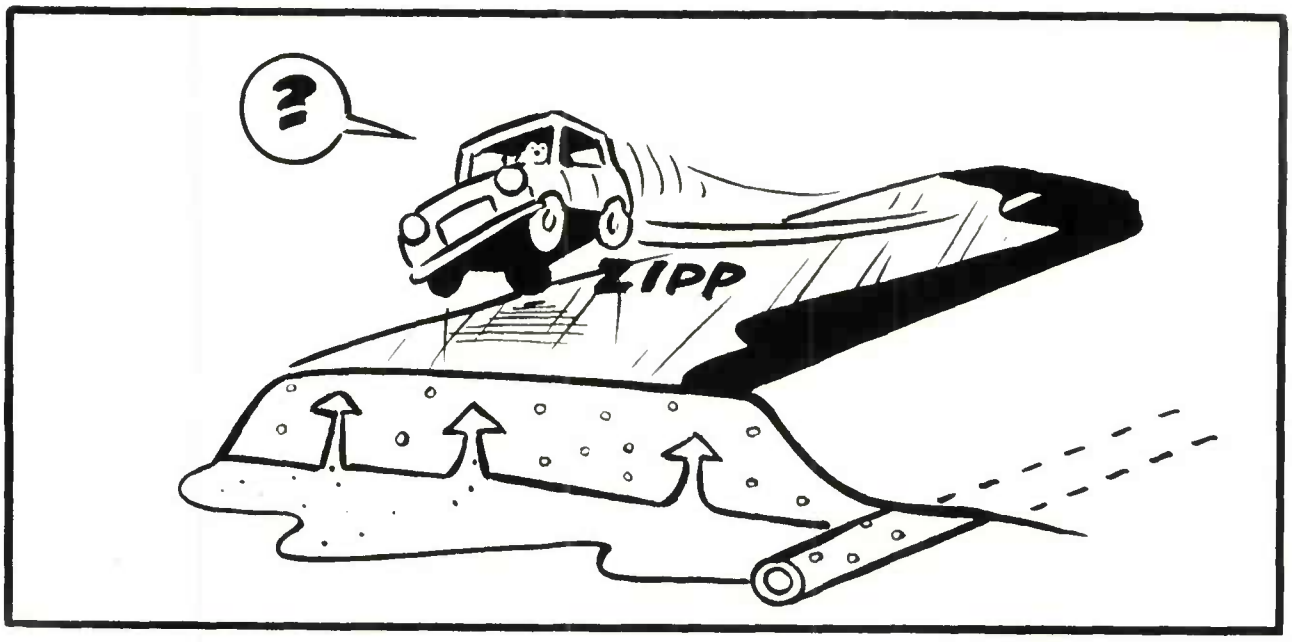
Il est possible de jouer sur le comportement thermodynamique de la route et donc sur la température de surface par le choix des matériaux d'assise et de couche de roulement.

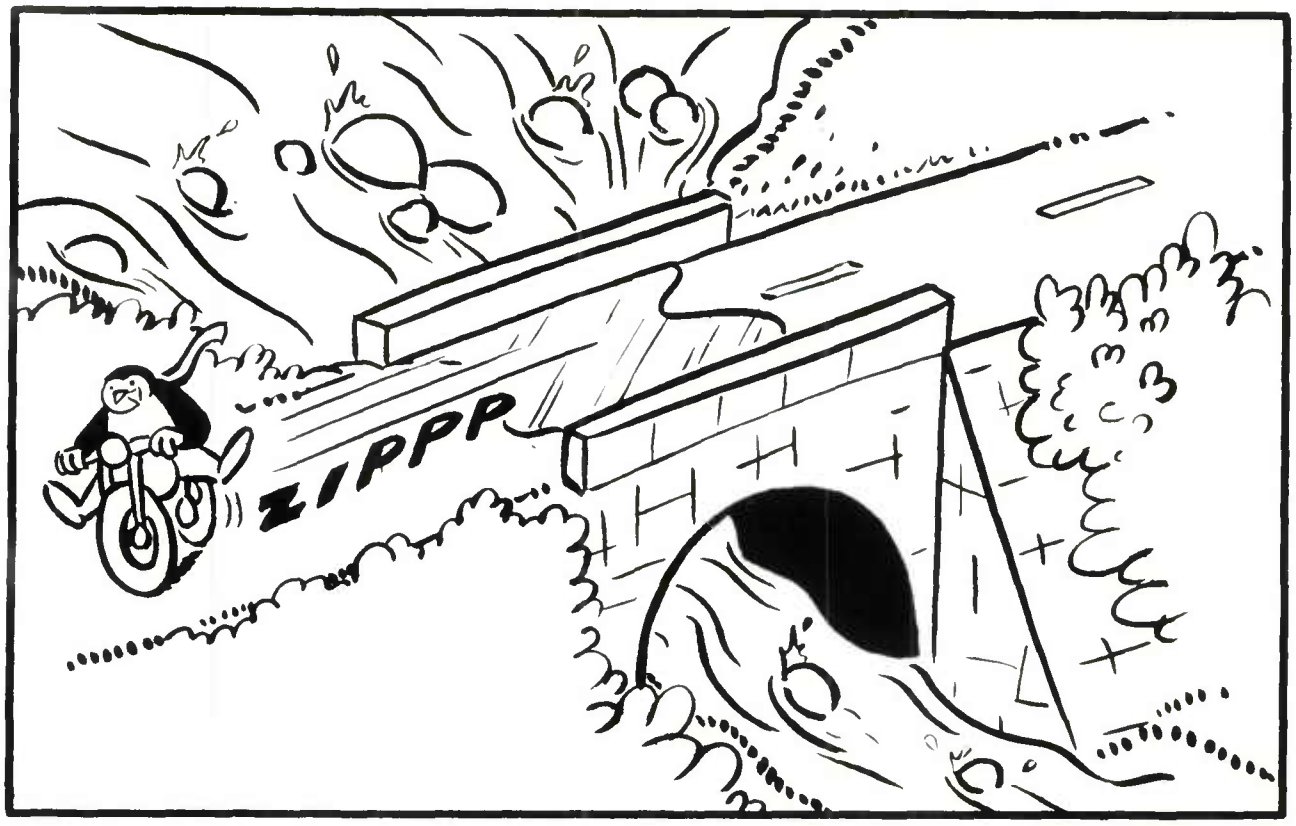
L'incidence s'exerce en fait sur les vitesses d'échange (cf. fiches 316 concernant le comportement des couches de surface).

Dans le cadre des travaux neufs il est possible d'orienter le choix des matériaux d'assise et de roulement en matière de travaux d'entretien.

Cependant des avantages diurnes peuvent devenir des inconvénients nocturnes (ex. choix de matériaux de roulement noirs).

DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des problèmes





DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des problèmes

Il est important aussi bien en matière de Service Hivernal que pour assurer la pérennité des chaussées d'évacuer l'eau, qu'elle soit interne ou météorique.

Géométrie, position des ouvrages

La géométrie d'un ouvrage d'assainissement est liée à sa capacité (pente, surface mouillée), mais il faut aussi concevoir des ouvrages permettant de **rejeter le plus vite possible** les eaux hors de l'emprise afin d'éviter les eaux stagnantes ainsi que des rejets intempestifs (HR ↗ et alimentation du corps de chaussée).

La **position relative** des ouvrages internes par rapport en particulier à la couche de forme doit être bien définie (cf. guide des coupes transversales de chaussée, catalogue des solutions d'assainissement) et les fossés étanchés.

Capacité des ouvrages

Eaux superficielles. Les ouvrages sont calculés en fonction de la période de retour de l'averse de référence (décennale, trentenaire...).

En matière de viabilité hivernale, c'est cependant rarement la capacité des ouvrages qui est mise en cause excepté parfois en zone montagneuse lors de la fonte des neiges où l'on assistera à des « débordements » générateurs de zones à verglas lors des cycles gel-dégel nocturnes.

Eaux internes

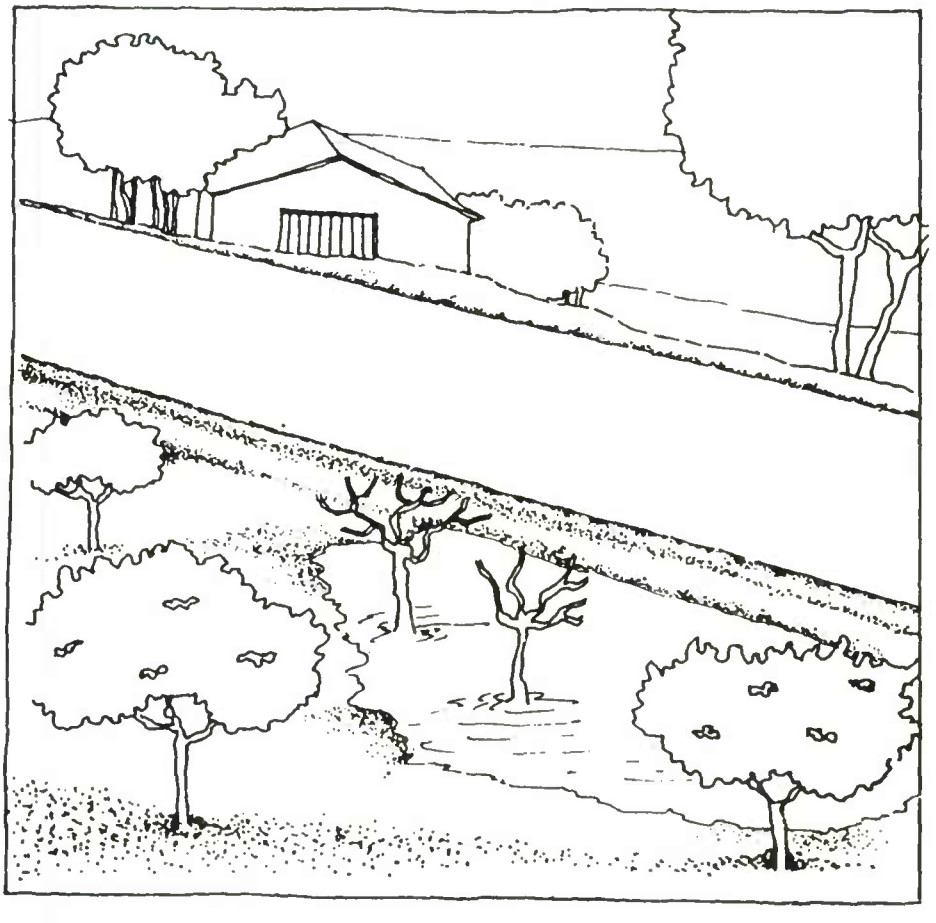
Le fonctionnement est intimement lié au **massif environnant**. Il faut dimensionner le drain (massif granulaire + drain) de façon à ce que l'ensemble du dispositif ne soit pas saturé, les matériaux environnant ayant tendance à absorber l'eau pour rétablir l'équilibre de succion ce qui risquerait de créer des remontées d'eau.

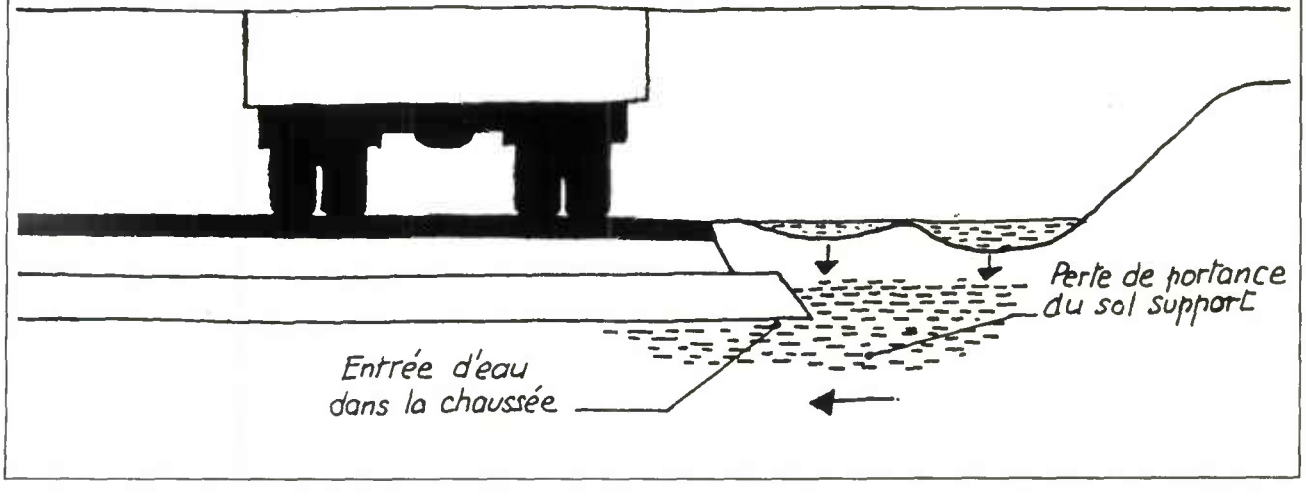
Rétablissement des écoulements naturels

Il est important d'assurer la **continuité** des écoulements naturels (bassins, versant, etc.) afin de ne pas créer des barrages susceptibles d'emmagasiner l'eau et de créer des zones humides.

DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des solutions

RÉTABLISSEMENT DES ÉCOULEMENTS NATURELS





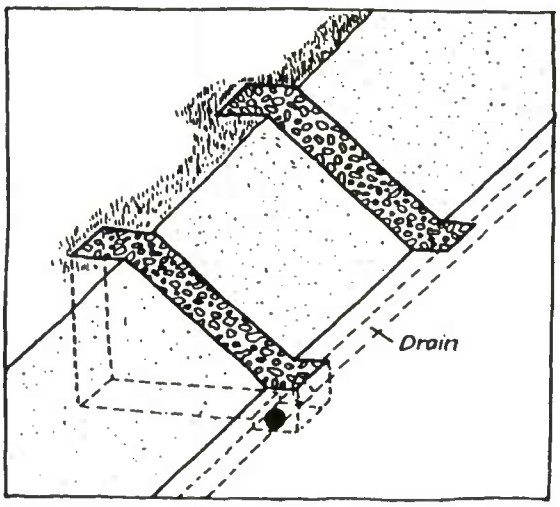
DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des solutions

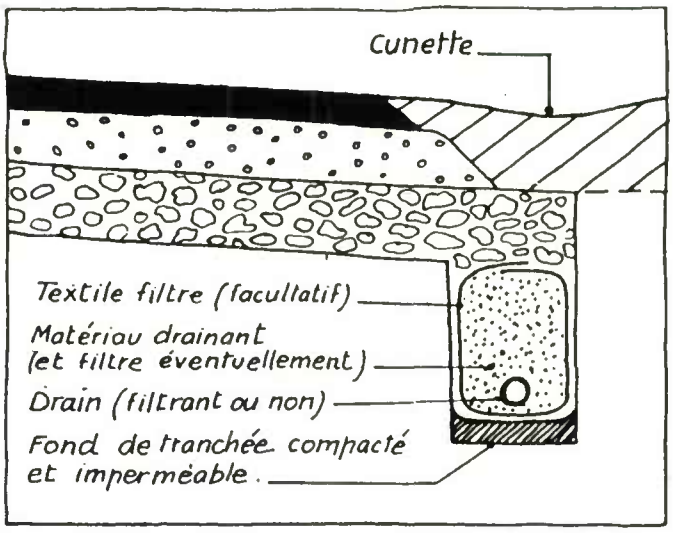
Points particuliers

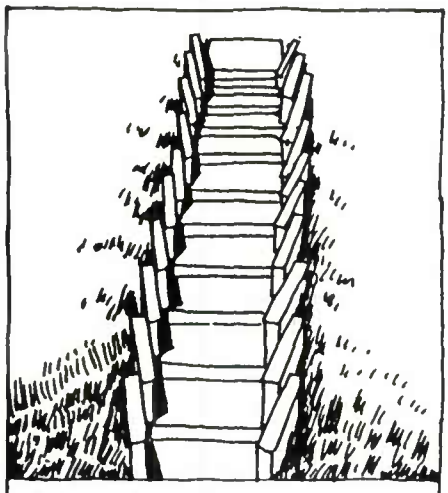
Il est nécessaire en matière de drainage d'assurer le traitement de certains points particuliers :

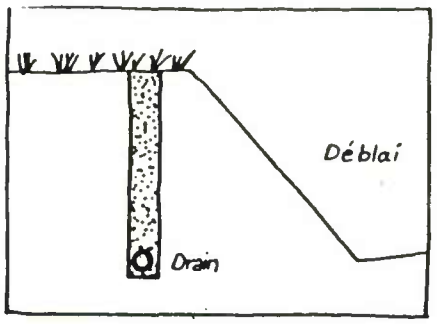
- transition déblai-remblai,
- résurgence dans le fond de forme,
- alimentation des talus de déblai,
- interface des couches de chaussée,
- surface de contact avec les OA.

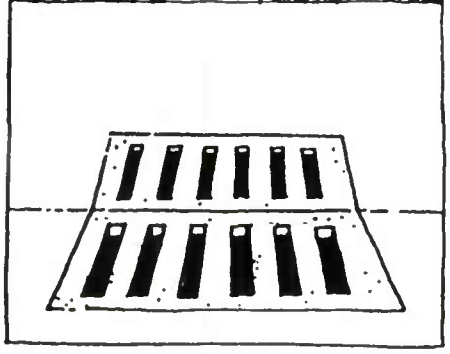
DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des solutions

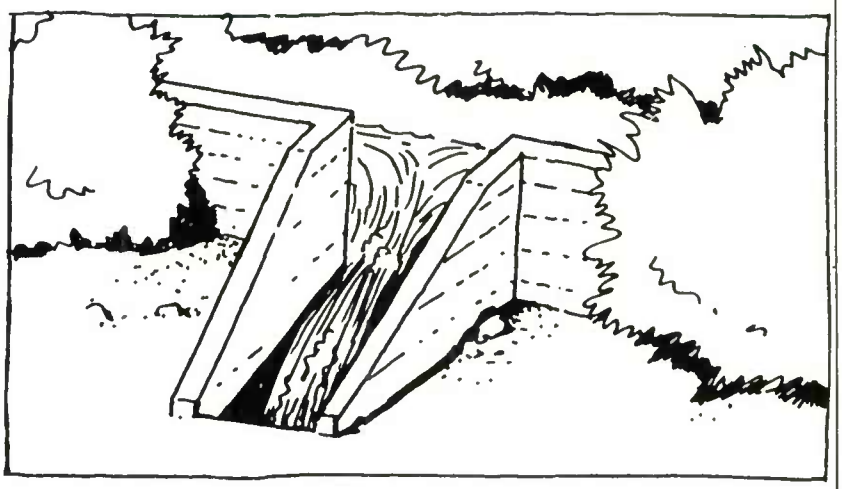












DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des solutions

Pour les travaux neufs :

— En matière de drainage il est important de connaître les quantités d'eau à recueillir et de dimensionner les ouvrages en conséquence.

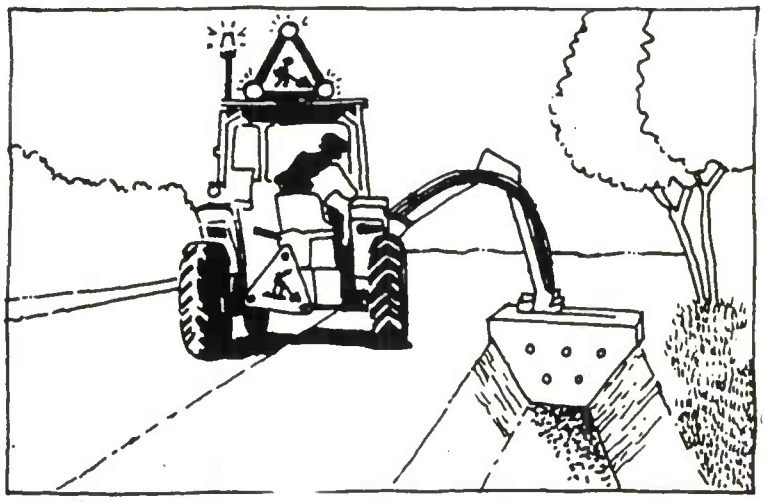
— Le problème se pose de la même façon pour les ouvrages d'assainissement.

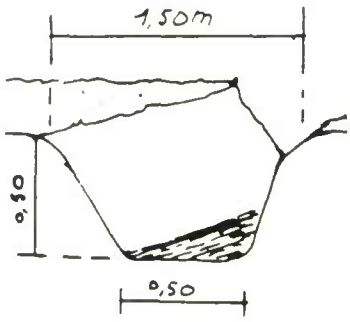
Dans les déblais on prévoiera des couches drainantes et des drains latéraux si nécessaire. Pour les talus de déblai des masques drainants, des épis drainants ou des drains subhorizontaux si les débits sont importants.

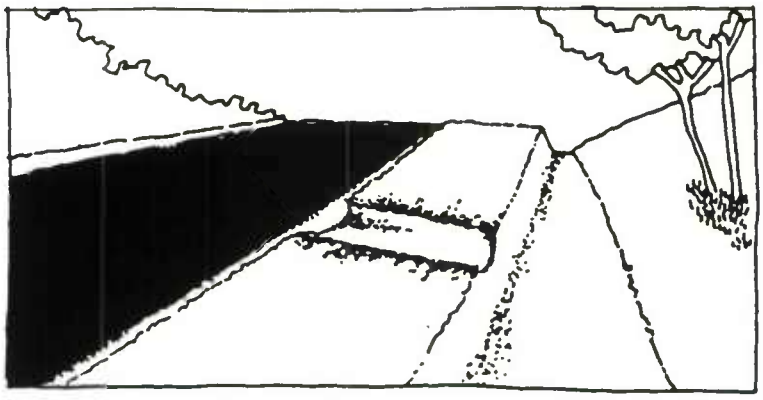
L'eau est à évacuer le plus vite possible, le plus loin (le moins près...) de l'emprise, les exutoires sont donc indispensables en quantité et en qualité.

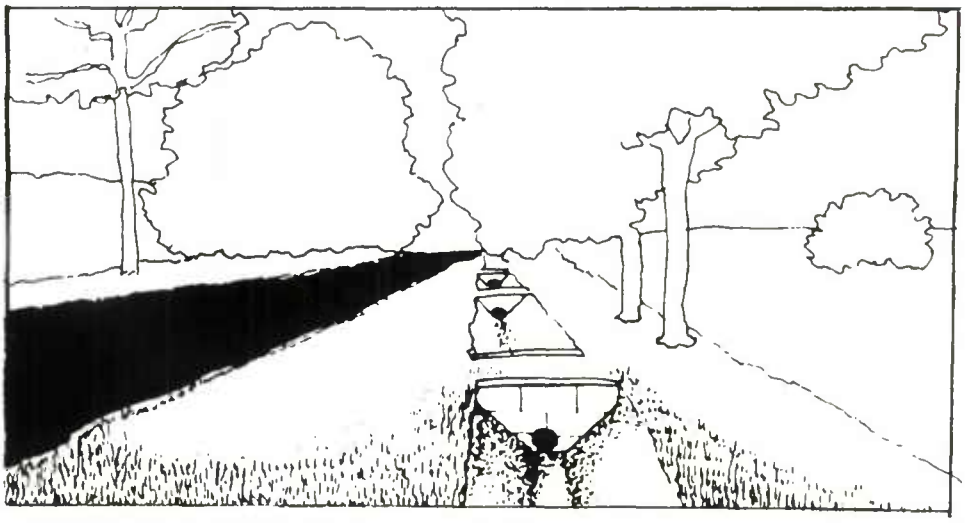
Pour la transitions déblais-remblais il est souvent nécessaire de prévoir des tranchées drainantes transversales afin d'éviter les résurgences en aval (aussi bien dans les fossés qu'à la surface même de la chaussée) les zones de contact avec les ouvrages d'art créent une discontinuité où l'eau a tendance à s'accumuler, il faut là aussi prévoir des dispositif (drains, massifs drainants) afin d'évacuer celle-ci le plus vite possible.

DRAINAGE ASSAINISSEMENT
Approche des solutions









En matière d'entretien :

— prévoir des curages ou/et des recalibrages de fossés,

— entretien des canalisations et des drains,

— maintien en bon état des exutoires,

— création de nouveaux exutoires,

— création et entretien des saignées,

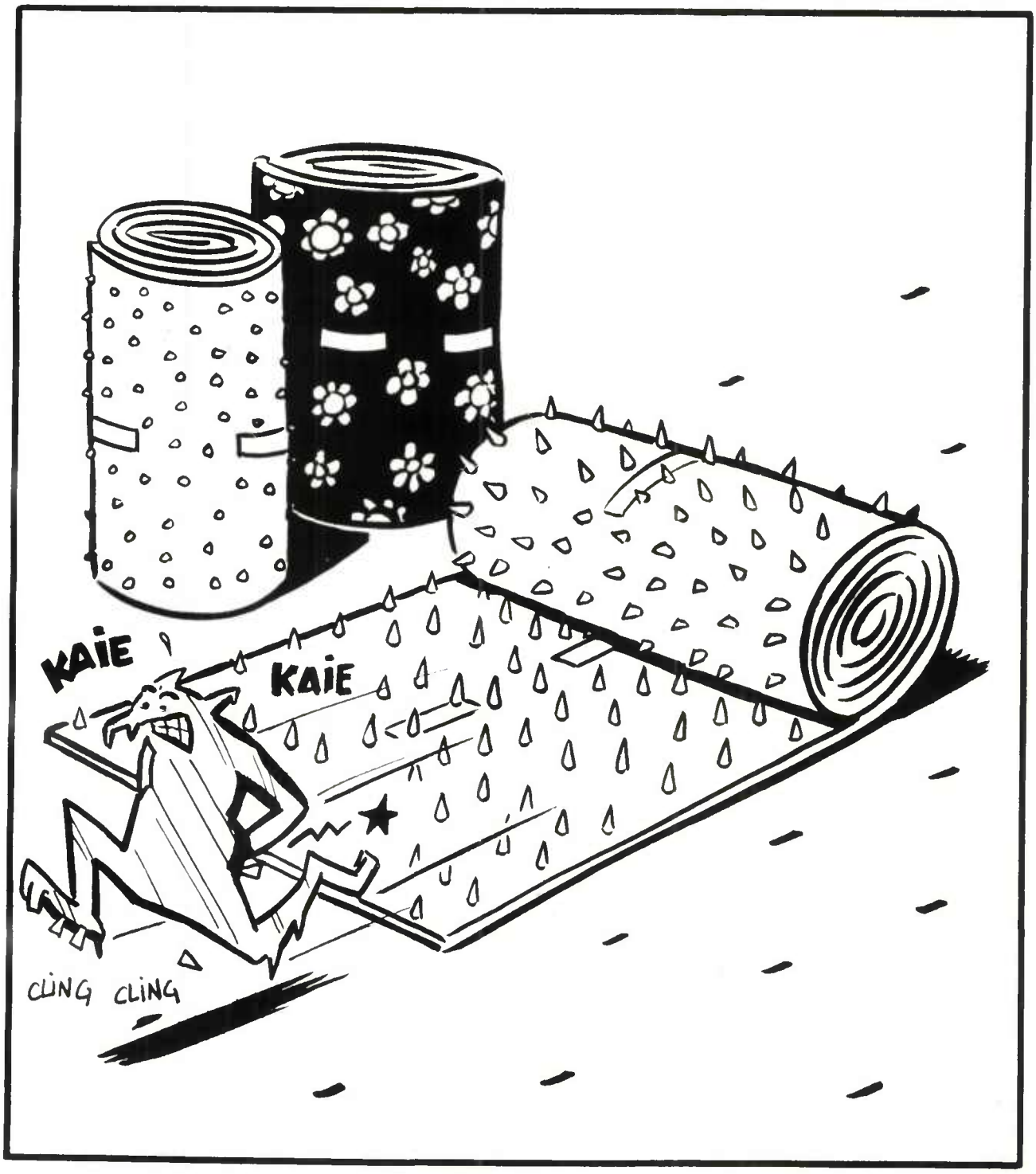
— dérasement et compactage des accotements,

— imperméabilisation des accotements,

— ouvrage d'évacuation à la corde pour les virages fortement déversés,

— masques drainants ou épis dans les zones de déblais s'il existe des résurgences.

REVÊTEMENTS
Approche des problèmes



REVÊTEMENTS
Approche des problèmes

La couche de roulement représente l'interface entre le corps de chaussée et l'atmosphère. C'est aussi la zone de contact des pneumatiques.

Son comportement vis-à-vis du verglas varie en fonction de
- la **nature des granulats**
- la **densité**
- la **couleur**
- la **macrorugosité**
- la **microrugosité**

paramètres qui varient avec l'âge et le trafic total supporté.

Les fiches suivantes :
- 3161 Bétons bitumineux classiques,
- 3162 Enduits superficiels,
- 3163 Enrobés drainants,
- 3164 Enrobés ouverts,
- 3165 Bétons de ciment,

décrivent succinctement les revêtements, présentent leurs comportements au mouillage et thermique, et leur sensibilité aux verglas.

REVÊTEMENTS BÉTONS BITUMINEUX CLASSIQUES

REVÊTEMENTS BÉTONS BITUMINEUX CLASSIQUES

Description

Formule continue 0/10 ou 0/14 en 5 à 8 cm d'épaisseur. Aspect fermé à très fermé, faible macrorugosité.

Comportement au mouillage et au sèchage

L'humidification est **uniforme**, l'eau remplit les quelques creux puis couvre toute la surface. Le drainage de la surface est d'autant plus **rapide** que la **pente transversale** est importante et la macrotexture faible.

Le **séchage** est très rapide dans les **bandes de roulement**, relativement uniforme ailleurs avec des traces humides dans les creux.

Les projections sont assez importantes du fait de la faible distance pneumatique-film d'eau.

Comportement thermique

Il est lié aux **caractéristiques thermiques** de la structure et de la surface (émissivité, plus la macrotexture est importante, plus le sommet des granulats est sensible au refroidissement par rayonnement nocturne.

Pour les BB neufs, plus noirs, la sensibilité au refroidissement nocturne par rayonnement est plus importante.

Sensibilité aux verglas

Givre	faible.
Brouillard givrant	moyenne.
Congélation humidité préexistante	forte.
Pluie sur sol gelé	forte.
Pluie en surfusion	forte.

REVÊTEMENTS
ENDUITS SUPERFICIELS

REVÊTEMENTS ENDUITS SUPERFICIELS

Description

Collage par une ou plusieurs couches de liant de une ou plusieurs couches de gravillons — aspect fermé à peu ouvert mais forte macrorugosité — évolution possible de cette macrotexture par usure et variations climatiques.

Comportement au mouillage et au sèchage

Les enduits superficiels retiennent une quantité d'eau supérieure aux enrobés classiques. Par contre les projections sont moins importantes. Le séchage des sommets des granulats est plus rapide.

Comportement thermique

La macrotexture étant plus importante, le sommet des granulats est plus sensible au refroidissement par rayonnement.

Sensibilité au verglas

Le givre se forme facilement sur les pointes des granulats mais le trafic est peu affecté.

Givre	moyenne.
Brouillard givrant	moyenne.
Humidité résiduelle	faible.
Pluie sur sol gelé	moyenne.
Pluie en surfusion	forte.

REVÊTEMENTS ENROBÉS DRAINANTS

REVÊTEMENTS ENROBÉS DRAINANTS

Description

Une forte discontinuité permet aux enrobés drainants de posséder en théorie plus de 20 % de vides et des pores communicants dans toute l'épaisseur.

Comportement au mouillage et au séchage

Les caractéristiques des enrobés drainants ont pour conséquences :

— de réduire l'épaisseur du film d'eau,

— de porter l'épaisseur du revêtement à la température des précipitations,

— d'entretenir une humidité (vapeur + liquide) assez constante au cœur du revêtement.

L'humidification est uniforme, le mouillage de surface très retardé alors que le séchage est très rapide en surface et très lent dans les pores.

Sous l'effet du trafic une partie de l'humidité contenue dans les pores peut être rapportée à la surface de la chaussée qui serait autrement parfaitement sèche !

Comportement thermique

La forte porosité de ces revêtements en modifie leur comportement thermique (l'air contenu est un isolant).

La surface spécifique est plus importante, ce qui facilite les échanges thermiques. La **surface routière** se trouve en quelque sorte **isolée**. Les variations de température sont plus rapides et le niveau de température peut être inférieur de 1 à 2 °C en rayonnement nocturne maximal.

Le phénomène est d'autant plus marqué que la porosité est élevée, l'épaisseur de la couche importante et les granulats isolants !

Page laissée blanche intentionnellement

Sensibilité aux phénomènes hivernaux

Les enrobés drainants sont très sensibles au phénomène de givrage (combinaison T^{o}_{s} ↘↘ et humidité dans les pores ou l'atmosphère) d'autant **plus** qu'ils sont **neufs**.

Les pores évacuent la saumure et le sel réduisant l'efficacité de certains traitements.

La succion de l'humidité interne par les pneumatiques peut conduire à un glaçage dans les bandes de roulement.

La pluie verglaçante conduit à la formation d'une glace épaisse dans la totalité des pores. Malgré les salages intensifs, la glace s'accroche sur les têtes de granulats.

Sensibilité aux verglas

Givre	forte.
Brouillard givrant	forte.
Humidité préexistante	faible.
Pluie sur sol gelé	moyenne.
Pluie en surfusion	forte.

REVÊTEMENTS ENROBÉS OUVERTS

REVÊTEMENTS ENROBÉS OUVERTS

Comportement thermique

Ce type de revêtement ne présente pas de différences fondamentales de comportement thermique par rapport aux BB traditionnels.

Comportement hydrique de la surface

Ce type de revêtement retient une quantité d'eau plus importante à la surface de chaussée du fait de sa porosité. Le comportement de ce film d'eau par rapport au pneumatique s'apparente à celui observé sur les ES c'est-à-dire séchage plus rapide de la surface des granulats et projections réduites.

Conséquences en terme de viabilité hivernale Sensibilité aux phénomènes hivernaux

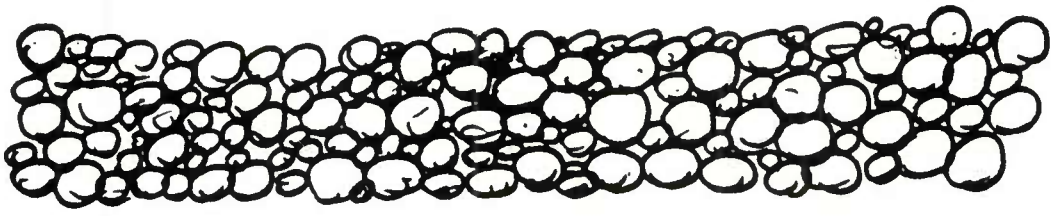
Comportement semblable à celui des BB et ES au jeune âge (« couleur »). Ce revêtement conserve dans sa porosité une quantité d'eau mobilisable qui peut conduire à la formation de givre en surface, en l'absence d'humidité importante dans l'atmosphère. La congélation du revêtement, gorgé d'eau, modifie ses propriétés thermiques ($\lambda \nearrow \nearrow$) et crée un stock thermique en chaleur latente à O °C.

Le traitement hivernal

L'eau contenue dans la porosité de surface du revêtement constitue un risque de dilution de la saumure formée en surface. Pour atteindre un niveau de protection cryogénique équivalent à celui d'un enrobé traditionnel, il convient de surdoser le traitement.

Le traitement à la saumure est à proscrire car il apporte une quantité d'eau importante qui, mélangée à l'eau retenue par le revêtement, se dilue très rapidement en atteignant la température de congélation de la saumure.

REVÊTEMENTS BÉTONS DE CIMENT



REVÊTEMENTS BÉTONS DE CIMENT

Description du revêtement

Revêtements en béton (chaussée béton)

Ces revêtements présentent des caractéristiques de surface très variables, qui dépendent des traitements de surface réalisés à l'origine :

- balais (poils ou métal),
- rouleau (cannelé, etc),

} déformation de la surface

- cloutage (ajout de matériaux),
- brossage
- lavage sous pression

} élimination de la laitance

- striage moule.

Les hauteurs au sable sont comprises entre 0,2 et 2 mm, la durabilité du relief étant comprise entre 1 et 8 ans suivant le traitement d'origine.

Comportement au mouillage et au séchage

La quantité d'eau interceptée par la surface est généralement voisine de celle d'un BB ($\simeq$ 200 g/m^2) mais peut varier de façon importante **suivant** la macrotexture naturelle ou artificielle.

Le séchage est lié étroitement à ces caractéristiques de surface.

Comportement thermique

Les structures béton ont un comportement thermique différent des chaussées traditionnelles car la conductivité thermique, l'émissivité de la surface, la constitution de la structure sont différentes.

Sensibilité au verglas

Givre	très faible.
Brouillard givrant	moyenne.
Congélation humidité préexistante	forte.
Pluie sur sol gelée	forte.
Pluie surfusion	forte.

SURFACE ROUTIÈRE
Points particuliers
Approche des problèmes

SURFACE ROUTIÈRE
Points particuliers
Approche des problèmes

Il est important pour un phénomène comme le verglas que ces conséquences soient homogènes pour une perception d'itinéraire donnée.

Les zones comportant des bourrelets, du ressuage, du petit ornièrage, des réparations localisées, sont susceptibles d'entraîner des changements d'adhérence et de retenir l'eau.

SURFACE ROUTIÈRE
Points particuliers
Approche des solutions

On cherchera à homogénéiser un itinéraire par des petits travaux d'entretien.

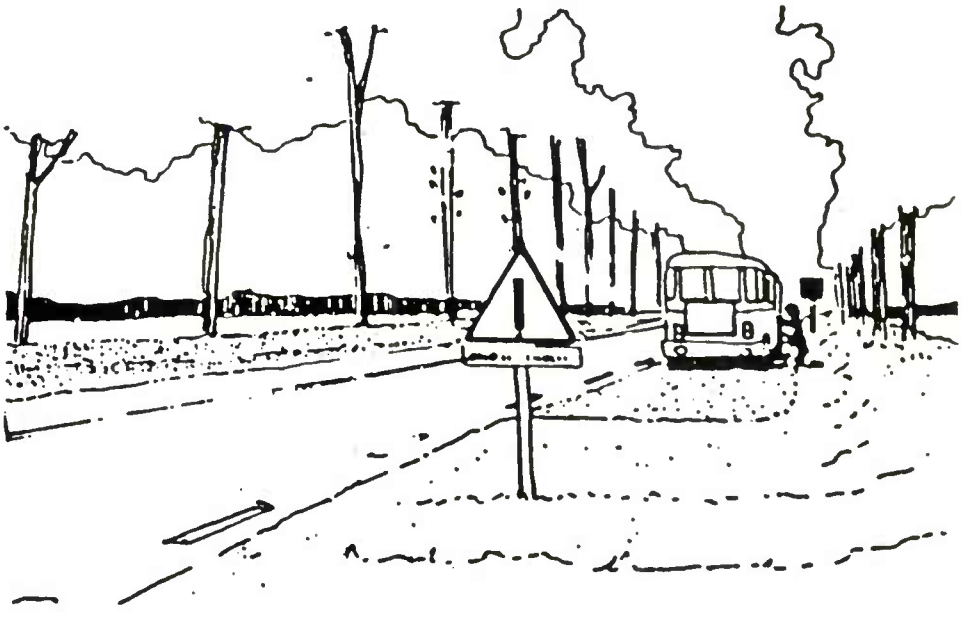
— Rabotage des bourrelets.
— Reprofilage de l'ornièrage.
— Enduisage pour les zones à ressuage.

Il est important d'assurer l'étanchéité lors des réparations et de réaliser un profil permettant l'évacuation de l'eau.

Pour le rebouchage des « nids de poule » il faut par exemple :

— prévoir un nettoyage,
— une couche d'accrochage,
— utiliser un matériau maniable pour faciliter la mise en œuvre,
— assurer un bon compactage,
— étancher les bords.

ACCOTEMENTS PARKINGS AIRES D'ARRÊT
Approche des problèmes



ACCOTEMENTS PARKINGS AIRES D'ARRÊT
Approche des problèmes

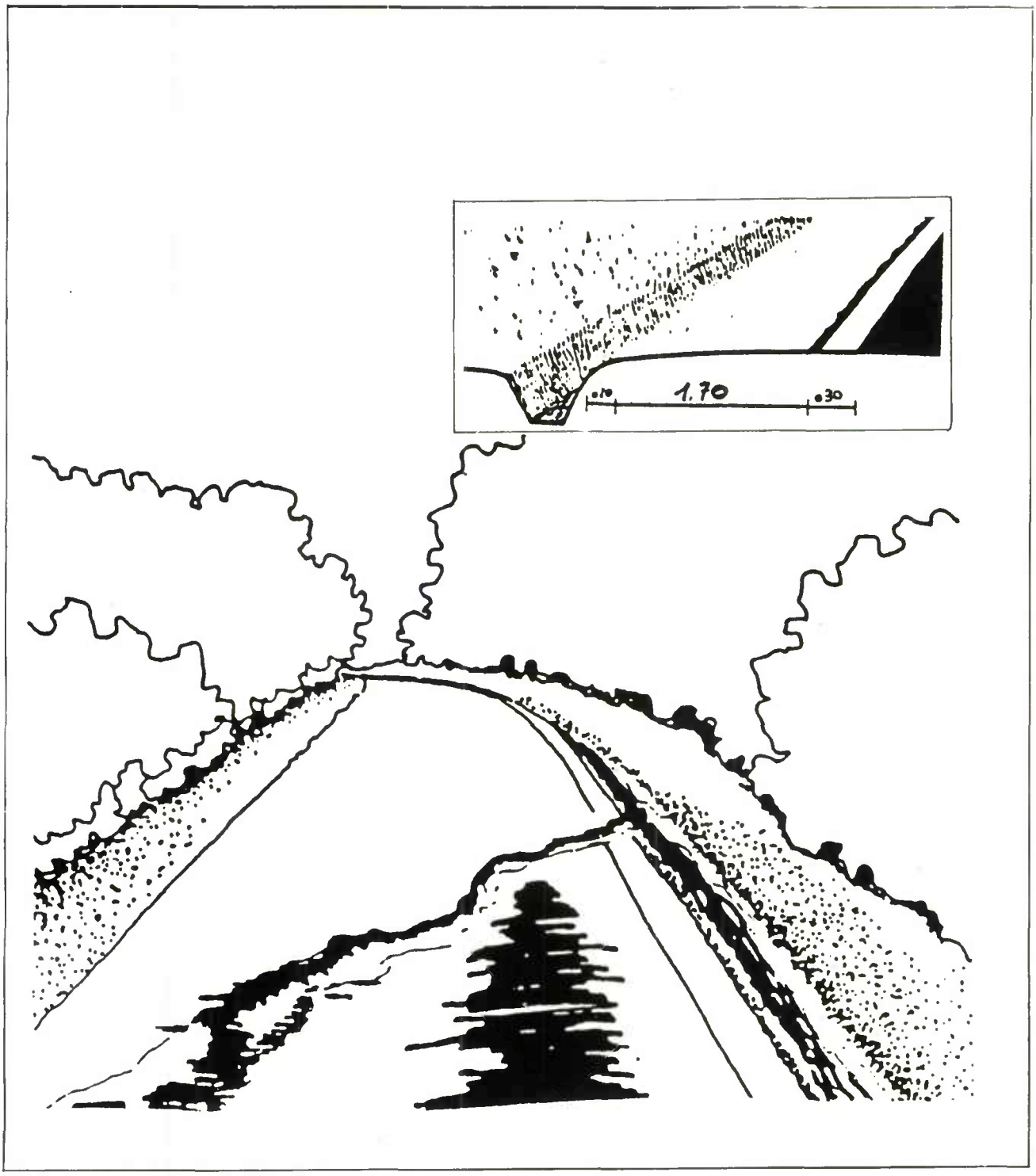
Les accotements sont la liaison physique entre la surface de chaussée et les dispositifs d'assainissement.

Ils doivent garantir l'évacuation de l'eau, c'est-à-dire présenter une géométrie et une position relative par rapport à la chaussée compatible avec l'écoulement des eaux ainsi qu'une bonne imperméabilité afin de ne pas alimenter le corps de chaussée.

De même la géométrie des aires d'arrêt ne doit pas être un obstacle à l'évacuation des eaux issues de la chaussée.

Il est important d'autre part d'éviter les risques de colmatage des enrobés drainants.

ACCOTEMENTS PARKINGS AIRES D'ARRÊT
Approche des solutions



ACCOTEMENTS PARKINGS AIRES D'ARRÊT
Approche des solutions

En matière d'entretien, les accotements doivent être dérasés afin de ne pas être à une cote supérieure à celle de la chaussée, l'étanchéité afin de ne pas alimenter le corps de chaussée doit au minimum être assurée par un compactage de la surface.

L'accotement doit être réalisé avec une pente déversée du côté du fossé.

Les considérations géométriques en ce qui concerne les aires d'arrêt et les parkings sont du même ordre que celles concernant les accotements.

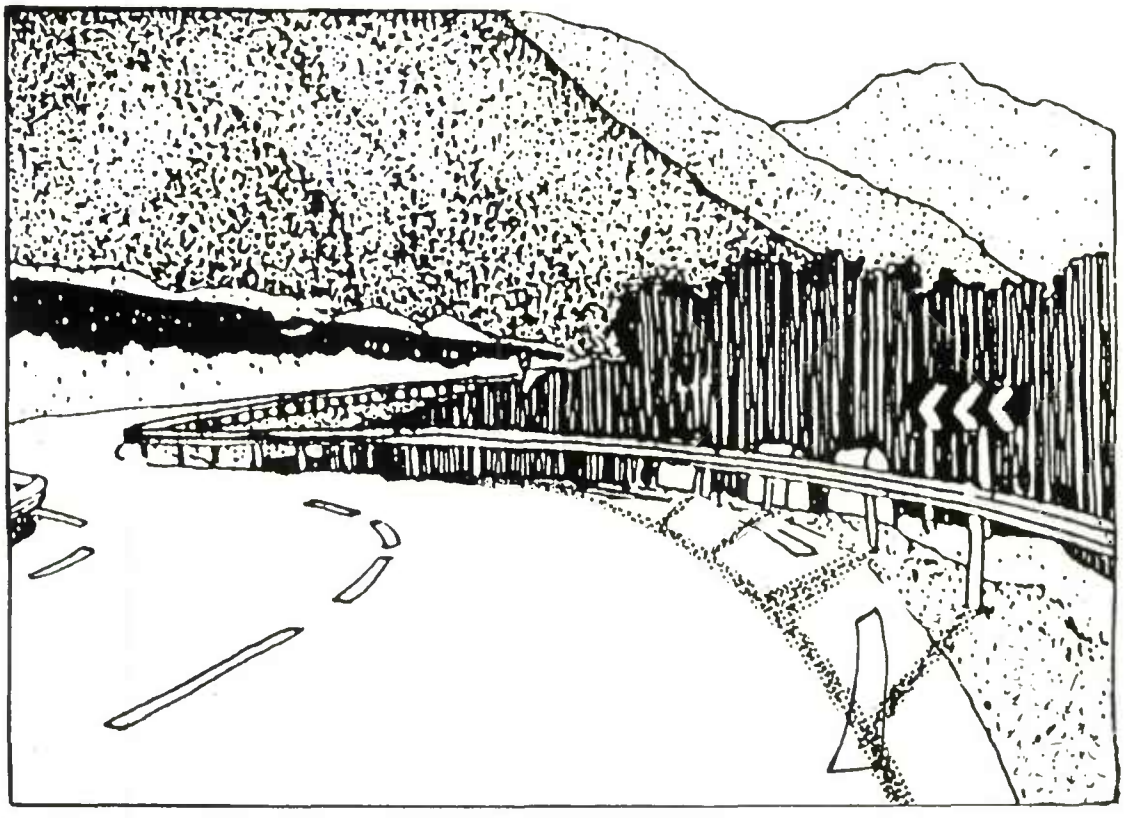
Le revêtement mis en œuvre sur les aires d'arrêt doit assurer une vitesse d'écoulement au moins égale à celle du revêtement de la chaussée.

— Le choix du matériau doit être adapté.

— Eviter les reprises au finisseur qui crée une discontinuité, il vaut mieux prévoir un élargissement de la table.

— Pour les revêtements en enrobé drainant, il faut entretenir la surface, le colmatage sur une zone latérale et, non circulée étant beaucoup plus important (ce travail paraît aujourd'hui délicat à réaliser).

ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE
Approche des problèmes



ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE
Approche des problèmes

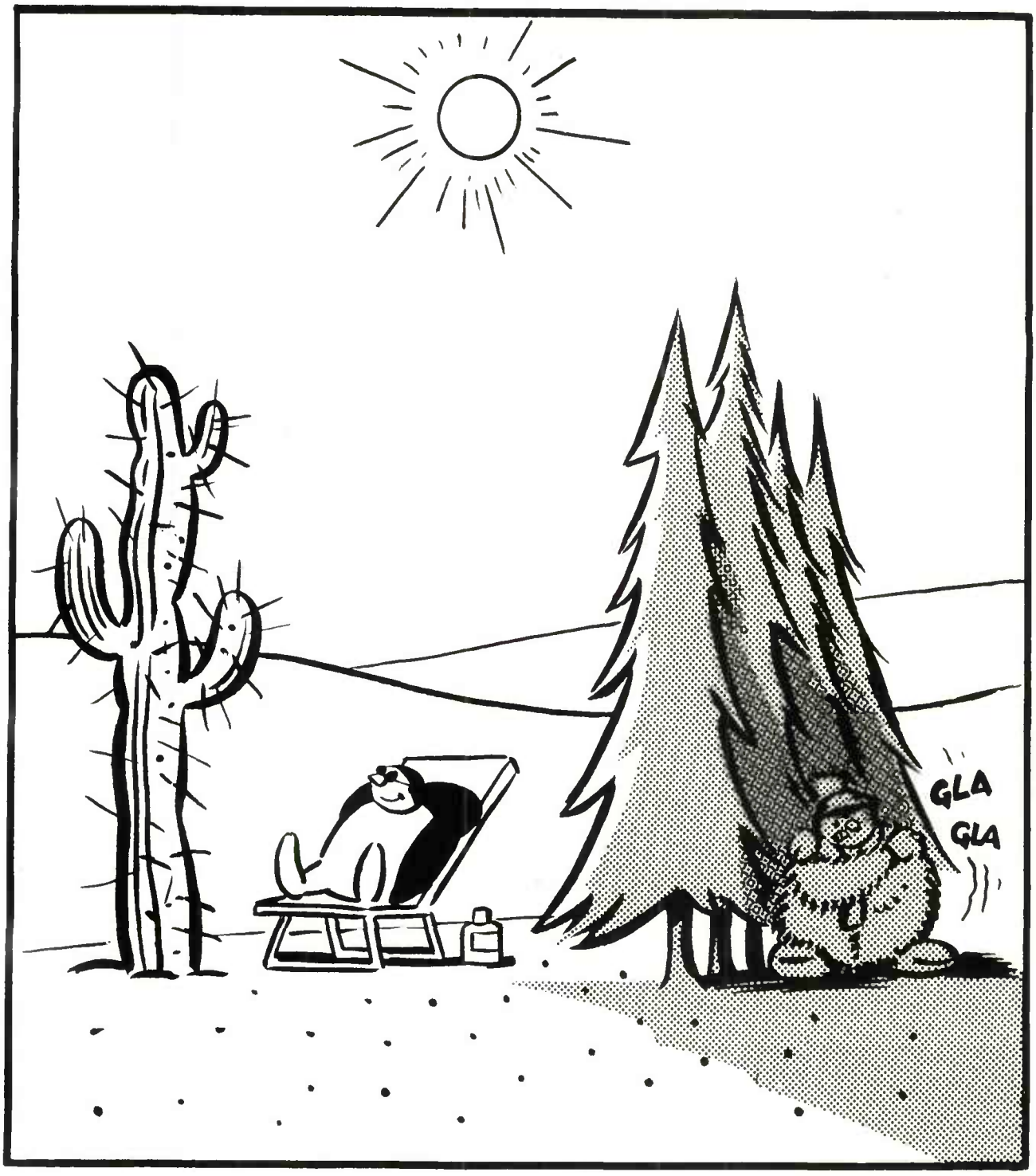
Les équipements de la route tels que les glissières de sécurité peuvent en fonction de leur implantation être générateurs d'ombres portées susceptibles d'engendrer des variations de température au niveau des surfaces de chaussée.

Le problème se pose de la même façon pour les OA (PI).

ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE
Approche des solutions

Dans la mesure du possible on essaiera de prendre en compte l'orientation vis-à-vis du soleil lors de l'implantation (difficile) ou d'éloigner au maximum ces équipements.

VÉGÉTATION
Approche des problèmes



VÉGÉTATION
Approche des problèmes

La végétation se caractérise :

— par des systèmes radiculaires différents qui ont une incidence sur les conditions de drainage du sol,

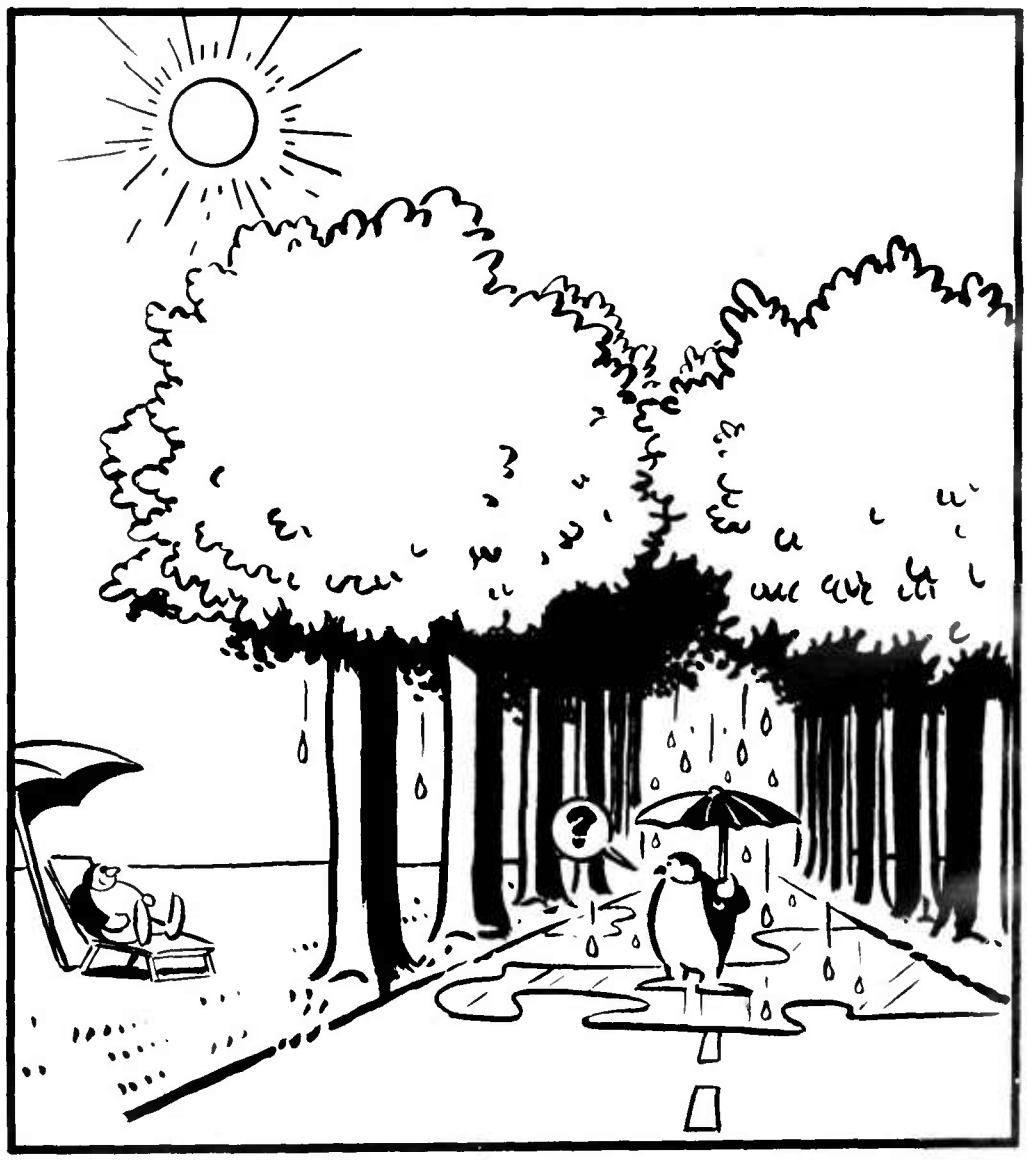
— par sa densité qui maintient une hygrométrie locale plus ou moins élevée,

— par des surfaces de contact avec les précipitations plus ou moins importantes,

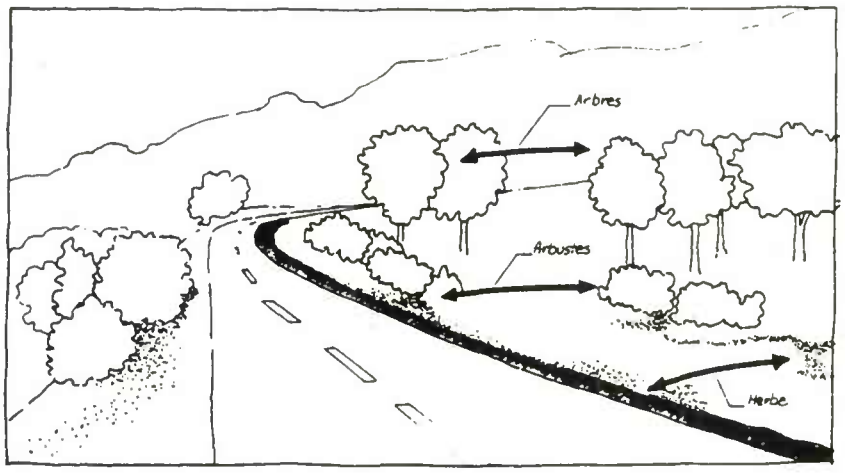
— par l'amplitude des ramifications,

— par la présence d'ombres portées,

— par son implantation vis-à-vis de la chaussée.



VÉGÉTATION
Approche de solutions



VÉGÉTATION
Approche de solutions

Les problèmes dûs à la végétation sont liés d'une part à la présence d'ombres portées et d'autre part à la présence d'humidité. Il faut donc :

— ne pas planter ou éliminer la végétation du côté sud afin d'éviter les ombres portées,

— limiter la présence (dans la mesure du possible) de la végétation dans l'environnement immédiat de la chaussée pour éviter de piéger l'humidité,

— prévoir un élagage des arbres afin d'éviter l'égouttement des branches sur les chaussées,

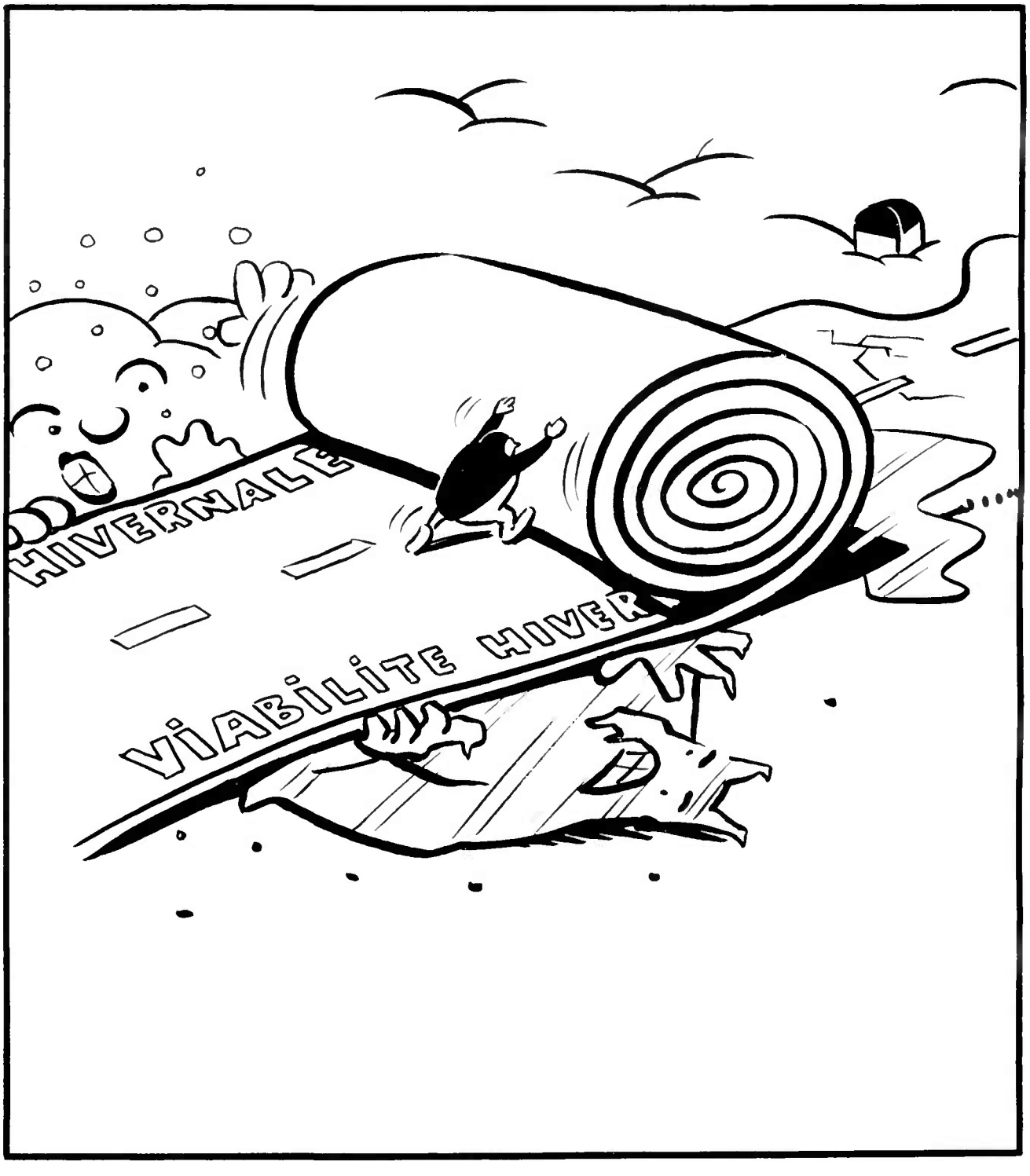
— sélectionner les espèces favorisant les conditions de drainage,

— éviter dans les zones boisées les layons perpendiculaires aboutissant directement à la chaussée (zone préférentielle de circulation d'air).

La végétation dense (haie) est cependant favorable pour la réflection des infrarouges émis par le sol. Une partie de ce rayonnement revient en effet vers le sol grâce à la végétation.

Page laissée blanche intentionnellement

VIABILITÉ HIVERNALE



PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE PIVH

TIP TIP TIP TIP TIP TIP

KAÏE

KAÏE

S1

SEL

PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE PIVH

Le Plan d'Intervention Viabilité Hivernale contient toutes les dispositions nécessaires à une bonne compréhension et une bonne exécution du Service Hivernal dans un département.

Les 2 types d'intempéries traités (la neige et le verglas) revêtent des caractéristiques très différentes :

— **géographiquement** : les zones touchées sont la plupart du temps différentes et bien plus limitées, dans l'espace et le temps, dans le cas du verglas,

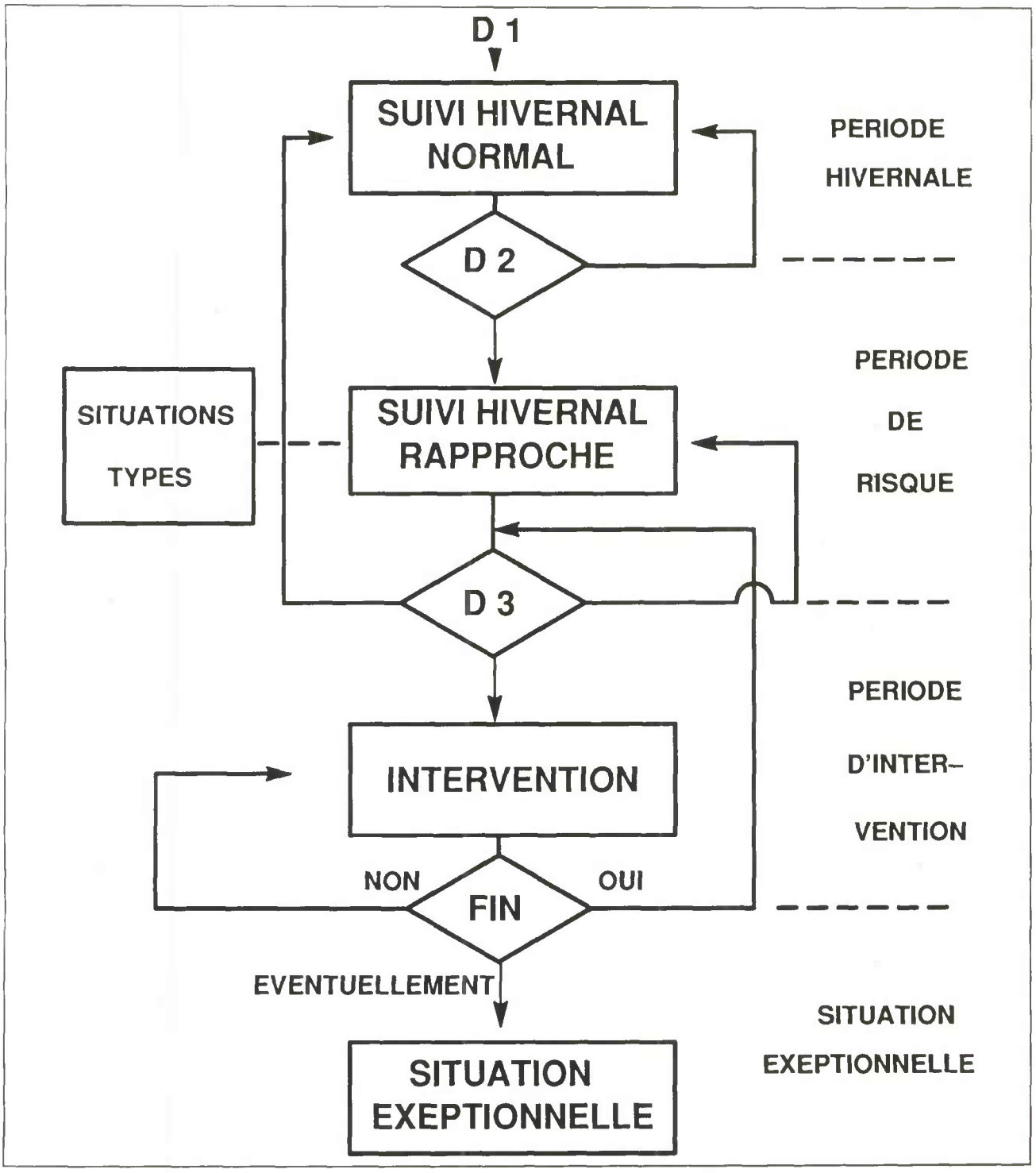
— **sur le plan du suivi** : les conditions d'apparition et de disparition sont plus « pointues » pour le verglas, la surveillance des risques est donc plus délicate bien que plus limitée dans le temps,

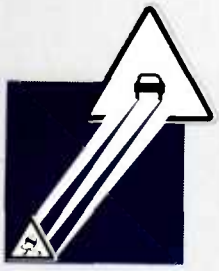
— **en terme de niveau de service** : les conséquences pour les usagers sont très différentes. On peut dès lors vouloir que la réponse du service soit également modulée,

— **en terme technique** : les dosages plus faibles, le traitement en une seule passe, éventuellement discontinu, augmentent notablement l'autonomie des saleuses et conduit à étudier des circuits différents.

L'ensemble de ces différences conduit naturellement à une approche distincte des 2 types d'intempéries dans le PIVH.

COMMENT AMÉLIORER LA PRISE DE DÉCISION





COMMENT AMÉLIORER LA PRISE DE DÉCISION

Nous sommes confrontés à plusieurs types de décision à prendre à des niveaux différents.

— D1 : définir la **période hivernale** (traditionnellement du 15/11 au 15/3 durant laquelle il faut assurer le **suivi hivernal normal** qu'il faut formaliser. Il faut toujours se méfier des verglas précoces au début voire avant cette période.

— D2 : décider de passer du suivi normal au **suivi hivernal rapproché** en se référant à des situations-types. Il s'agira alors **d'adapter** la surveillance et la mise en pression des moyens au type de problème annoncé.

Il faut surveiller en particulier les enrobés neufs par temps clair.

— D3 : décider d'**intervenir** et assurer un suivi d'intervention pour définir les modulations éventuelles, la fin d'intervention et les conditions de retour à la normale, + décider le cas échéant de passer en situation exceptionnelle.

COMMENT AMÉLIORER LA PRISE DE DÉCISION

WANTED

DECEMBRE JANVIER

LÀ!. DANS EXACTEMENT 2H 8MN..

PR37 +1092

15H04 GMT

Comment améliorer les décisions

Le maître-mot de ces améliorations est **l'anticipation**. Il faut savoir le plus souvent possible quand (et bien sûr si nécessaire où) l'ennemi va nous attaquer !

3 pistes sont possibles :

— l'amélioration du bulletin météo,

— l'amélioration du suivi général de la situation,

— l'amélioration des patrouilles.

Une analyse climatologique permettra d'affiner D1. Le bulletin doit être conçu et exploité pour améliorer D2, l'apport de la météo pour D2 et D3 passe par une relation plus directe avec les météorologues (correspondant météo/téléphone/télécopie/ météotel...).

Le suivi et les patrouilles doivent conduire à accélérer D3 sans systématiser la non prise de risque.

AMÉLIORATION DU BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE

AMÉLIORATION DU BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE

Le bulletin est le moyen privilégié de décision (D2) (cf. fiche 322) de mise en situation hivernale impliquant un suivi rapproché.

Pour permettre de **moduler** les décisions correspondantes (organisation, suivi, mesures opérationnelles, patrouille) il devra fournir le maximum de **données objectives** permettant au gestionnaire de **typer** correctement la situation.

Quelques pistes :

— être clair sur la **terminologie** employée,

— décrire la situation météorologique en cours conduisant à une **situation hivernale typée** qui va favoriser des **réactions organisées,**

— **bannir** la notion de « **risque de verglas** »,

— lui préférer la notion d'intervalle de confiance pour la prévision des phénomènes à répercussion routière,

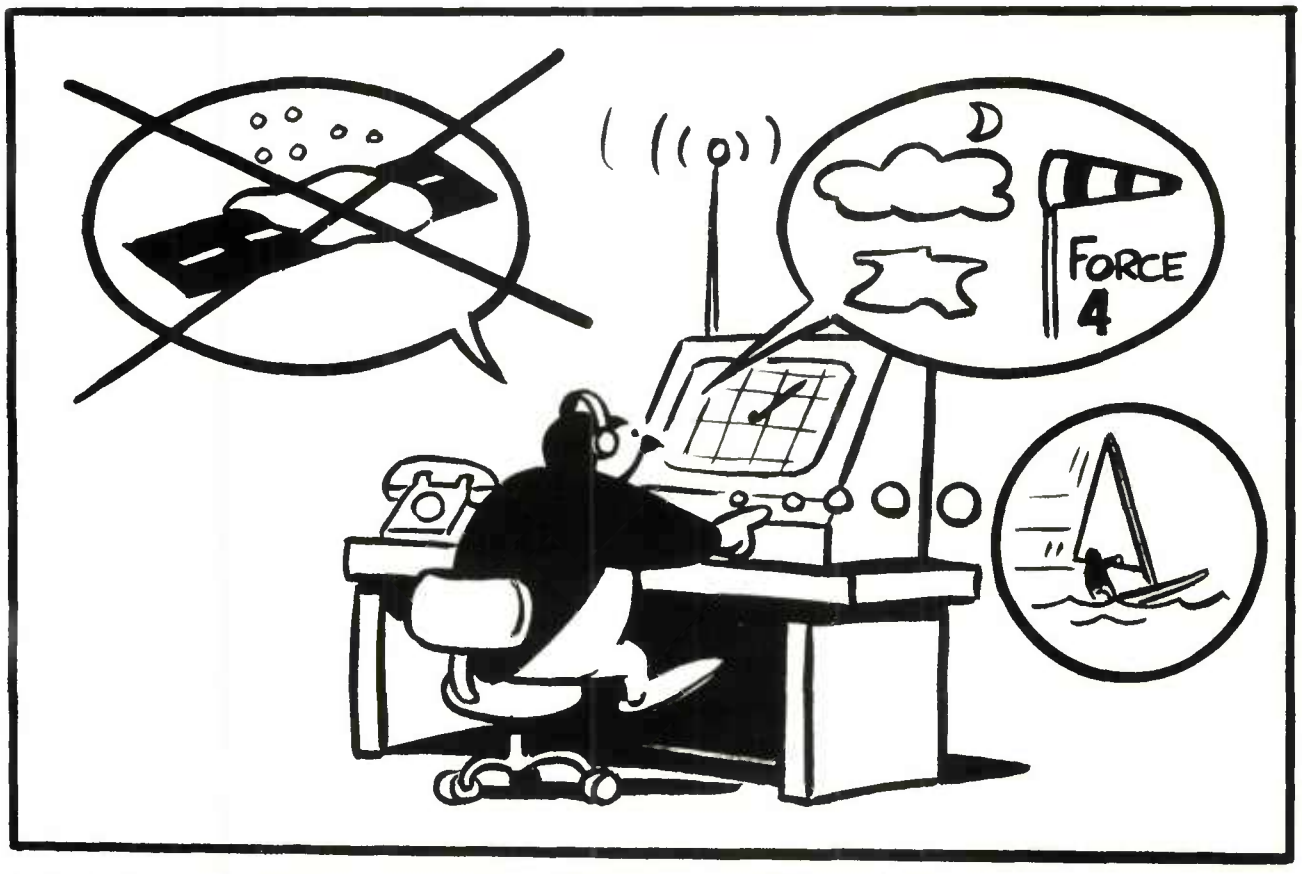
exemple : Prob. 40 : – de 40 % de chance
Prob. 80 : de 40 à 80 % de chance
Prob. 100 : de 80 à 100 % de chance

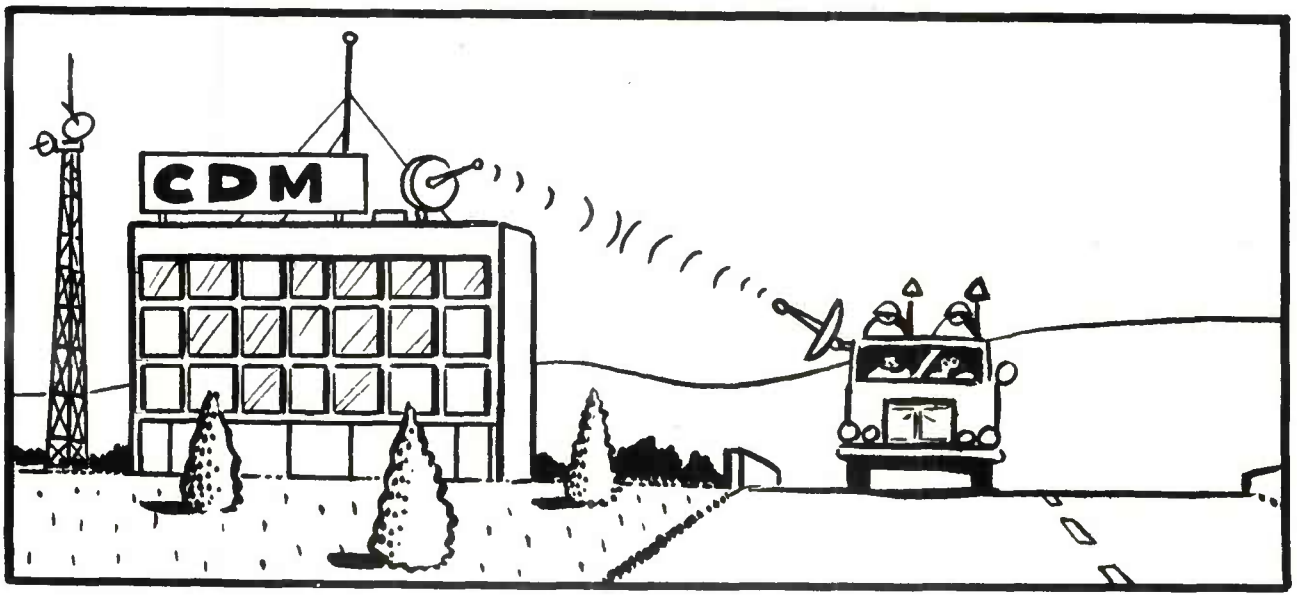
Prob = probabilité

— chercher un découpage de la nuit en tranches (3 ou 4) pour affiner l'évolution des phénomènes objectifs,

— rechercher des prévisions chiffrées les plus précises possible en des lieux précis, l'extension au réseau surveillé étant assurée par nos soins.

AMÉLIORATION DU BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE





— définir un zonage du territoire et y décliner les situations et (ou) leur probabilité d'exactitude,

— intégrer un suivi d'un bulletin sur l'autre pour mieux sentir les évolutions se produire,

— d'une façon générale, **supprimer du bulletin toute allusion directe à des événements purement routiers** (type chaussée humide, verglas sur chaussée, neige sur route...),

— bien identifier en commun les **paramètres objectifs** dont nous avons besoin pour évaluer les **risques routiers** (couverture nuageuse en cours de nuit, force et direction générale du vent...) même si ceux-ci n'ont pas d'incidence a priori sur la circulation routière.

Il est évident que de telles améliorations nécessitent une **étroite collaboration** entre les routiers et le Centre Départemental de la Météorologie.

PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE SUIVI LOCAL

PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE SUIVI LOCAL

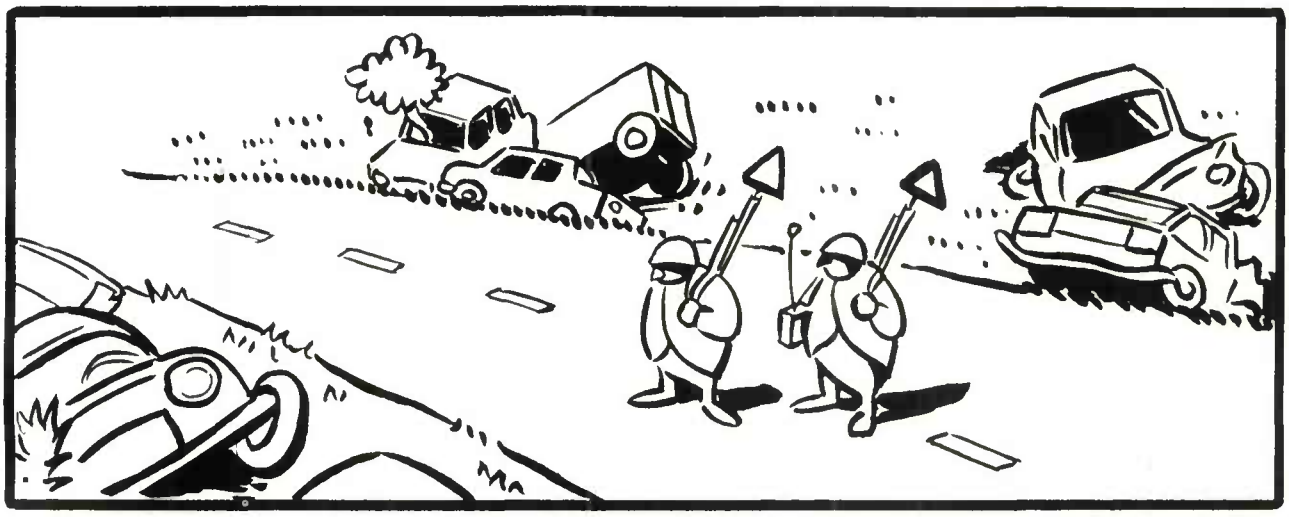
Principe d'organisation du suivi local

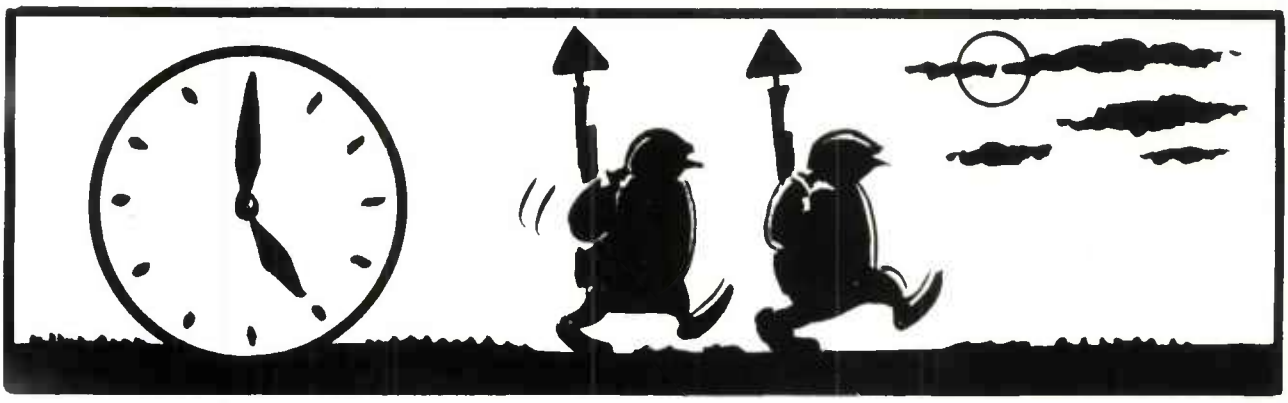
Le suivi local est un élément fort de tout Service Hivernal, surtout pour les niveaux de service qui prévoient une action préventive contre le verglas.

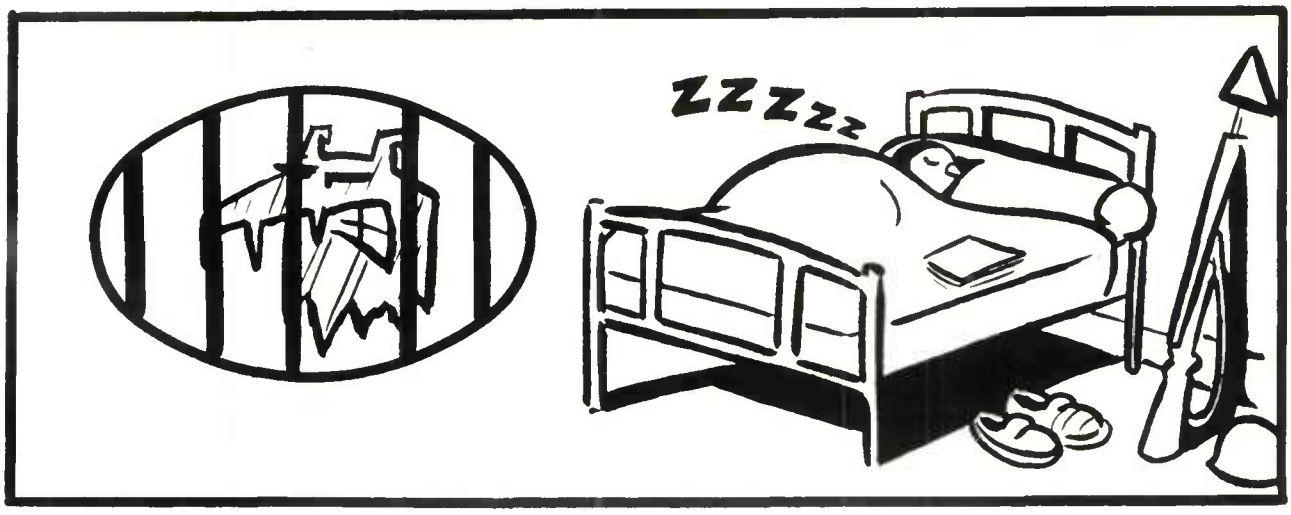
Il est destiné à préciser, à échéance de quelques heures — en vue d'une décision finale d'intervention —, la première évaluation des risques de formation de verglas faite à partir des prévisions météo et, le cas échéant, à repérer son apparition.

Le suivi local pourra être pleinement efficace si l'organisation adoptée permet de l'adapter quotidiennement en fonction de l'examen de la situation météorologique fait par un agent attitré — par exemple le responsable du SH de permanence au niveau d'un centre d'exploitation — à partir des prévisions météo du jour.

PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE SUIVI LOCAL







Cet examen visera à préciser, au moins pour la nuit suivante :

- le ou les paramètres météo dont-il convient de surveiller plus particulièrement l'évolution (température sous abri, état du ciel, direction du vent...), en fonction des risques résultant de la situation du moment et prévisions annoncées.

L'agent chargé de l'examen de la situation procédera, si le contexte local l'exige, à une adaptation de la prévision pour les paramètres météo, à partir de l'expérience acquise.

- Les secteurs du réseau qu'il convient de visiter en priorité, parce que correspondant aux zones habituelles de première apparition du verglas, cela toujours en fonction des conditions annoncées.

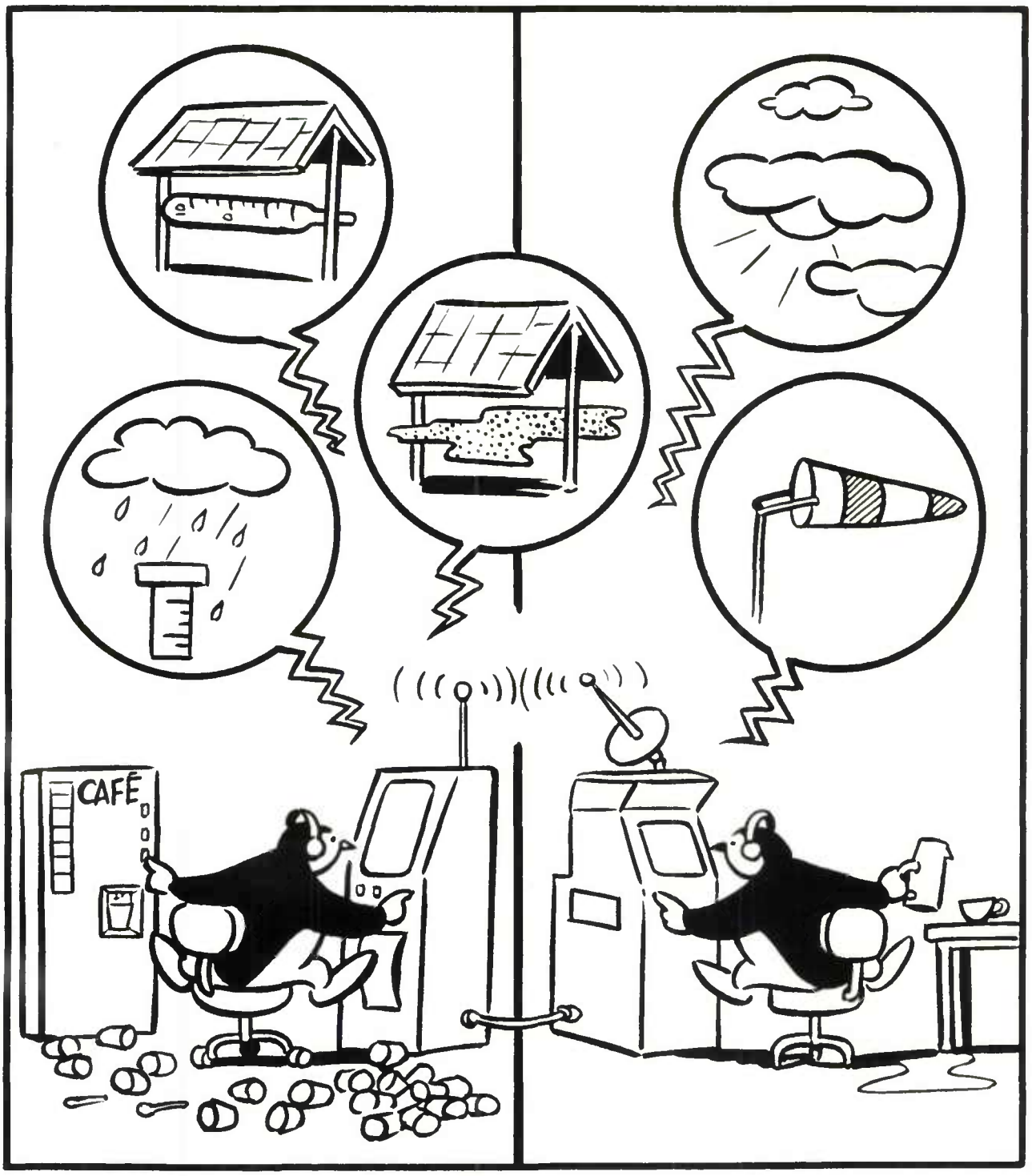
- L'heure de première patrouille nocturne et, le cas échéant, besoins prévisibles de renouvellement.

- A l'inverse, si les conditions météo ne font craindre aucun risque de formation de verglas, il ne faudra par hésiter à suspendre toute action de suivi local, ou à l'alléger (prévoir cependant de disposer au minimum d'un enregistrement des températures de l'air sous abri par exemple au centre d'exploitation).

L'intérêt de telles dispositions pourra être apprécié dans le cadre d'une application de la méthodologie d'analyse définie au chapitre II, travail au cours duquel on recherchera s'il est opportun de définir différentes situations météo types conduisant habituellement chacune à des zones préférentielles d'apparition du verglas différentes.

Si tel est le cas, il sera utile d'établir autant de cartes de localisation de ces zones. Elles vaudront document de travail pour les agents chargés de la surveillance du réseau.

PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE SUIVI LOCAL



Comment prendre en compte le verglas dans le suivi local
Les différents aspects du suivi local, moyens utilisables

Deux aspects du suivi local doivent être distingués :

— le suivi des conditions météo locales,

— le suivi de l'état du réseau.

1 - Suivi des conditions météo locales

En période de risques annoncés, ce suivi sera continu ou au moins très fréquent, et assuré par un agent désigné.

Il est réalisé au moins au centre d'intervention. Il peut l'être, en complément, en différents points caractéristiques du réseau routier, ce qui suppose d'avoir les moyens de recueillir les observations faites en ces points.

Ce suivi concerne :

1) la température de l'air sous abri,
2) l'humidité de l'air sous abri,

} de préférence à l'aide d'un thermohygrographe

3) l'état du ciel : observations visuelles,

4) les précipitations : observations visuelles, complétées si possible par les mesures d'un pluviographe,

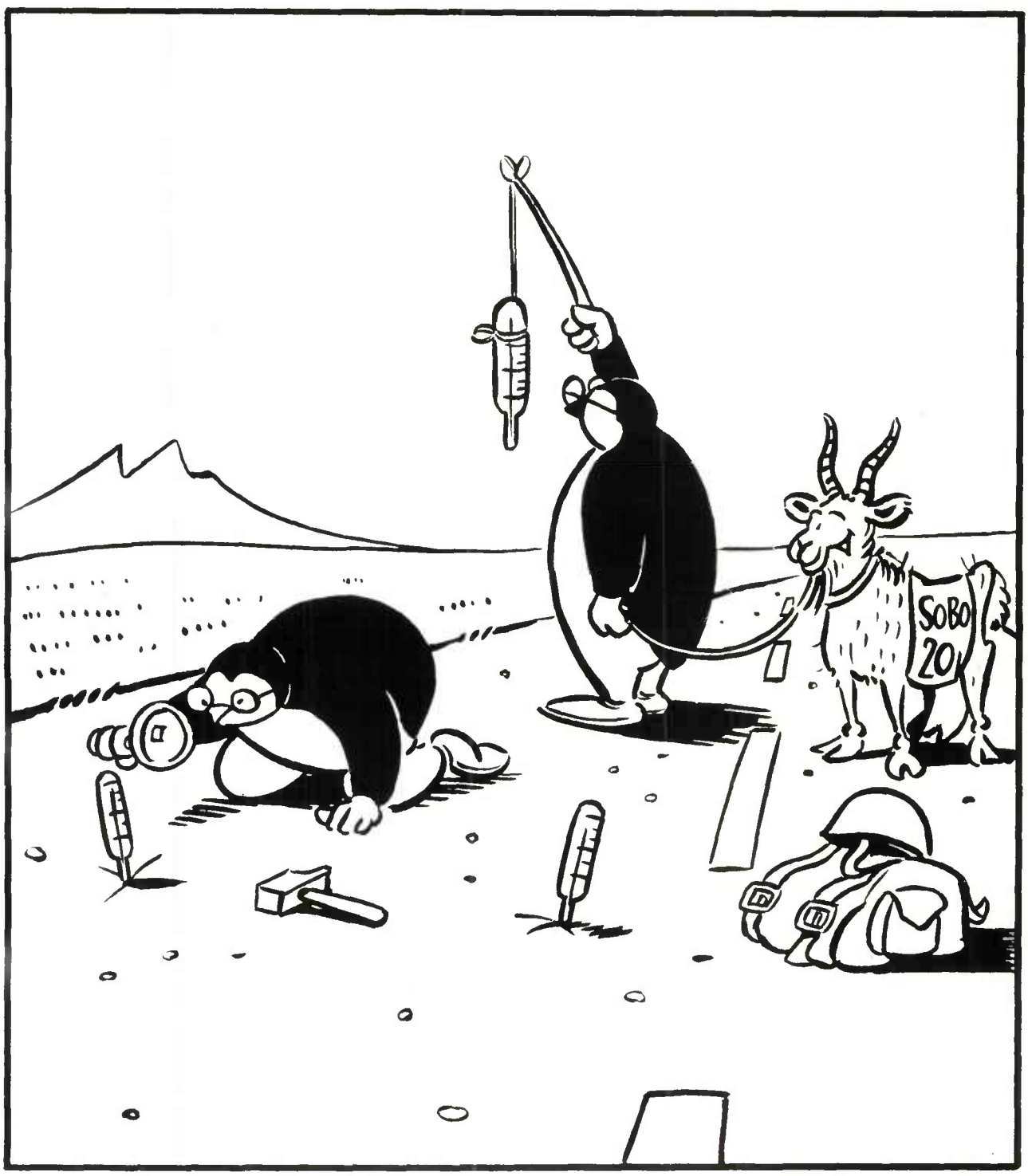
5) la force et la direction du vent : observations visuelles, complétées si possible par un anémogirouette enregistreur.

On cherchera à accroître l'apport du suivi local en le complétant par :

— des échanges d'informations entre centres voisins, à assurer selon une procédure formalisée,

— la diffusion d'informations météotel relatives au temps présent — en particulier précipitations —, provenant, selon les possibilités, soit de l'échelon DDE, soit du CDM, soit du CRICR.

PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE SUIVI LOCAL



2 - Le suivi de l'état du réseau

Il est assuré pour l'essentiel par les patrouilleurs. Il porte sur :

— les observations visuelles faites en différents points représentatifs du réseau (cf. fiche précédente) état d'humidité de la chaussée et des abords, présence de glace en des points froids ou jamais salés...

— également des mesures sur voisinage ou sur la chaussée, qui permettront de mieux connaître le niveau de risque :

- température de l'air et de surface, humidité de l'air, à l'aide d'un mesureur électronique portable,
- quantité de sel présente sur la chaussée, à l'aide du SOBO 20.

Compte tenu de l'évolution récente des matériels de mesure utilisables, il devient maintenant souhaitable de développer les mesures faites par les patrouilleurs.

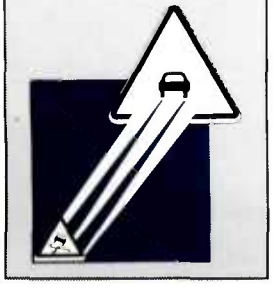
PRENDRE EN COMPTE LE VERGLAS DANS LE SUIVI LOCAL

Le suivi local, qu'il concerne les conditions météo ou l'état du réseau, sera utilement complété par les informations fournies téléphoniquement par des **observateurs extérieurs attitrés**, concernés par la circulation routière et installés en différents points du réseau routier, tels que : distributeurs de carburant, hôteliers, gestionnaires d'entreprises de transport routier.

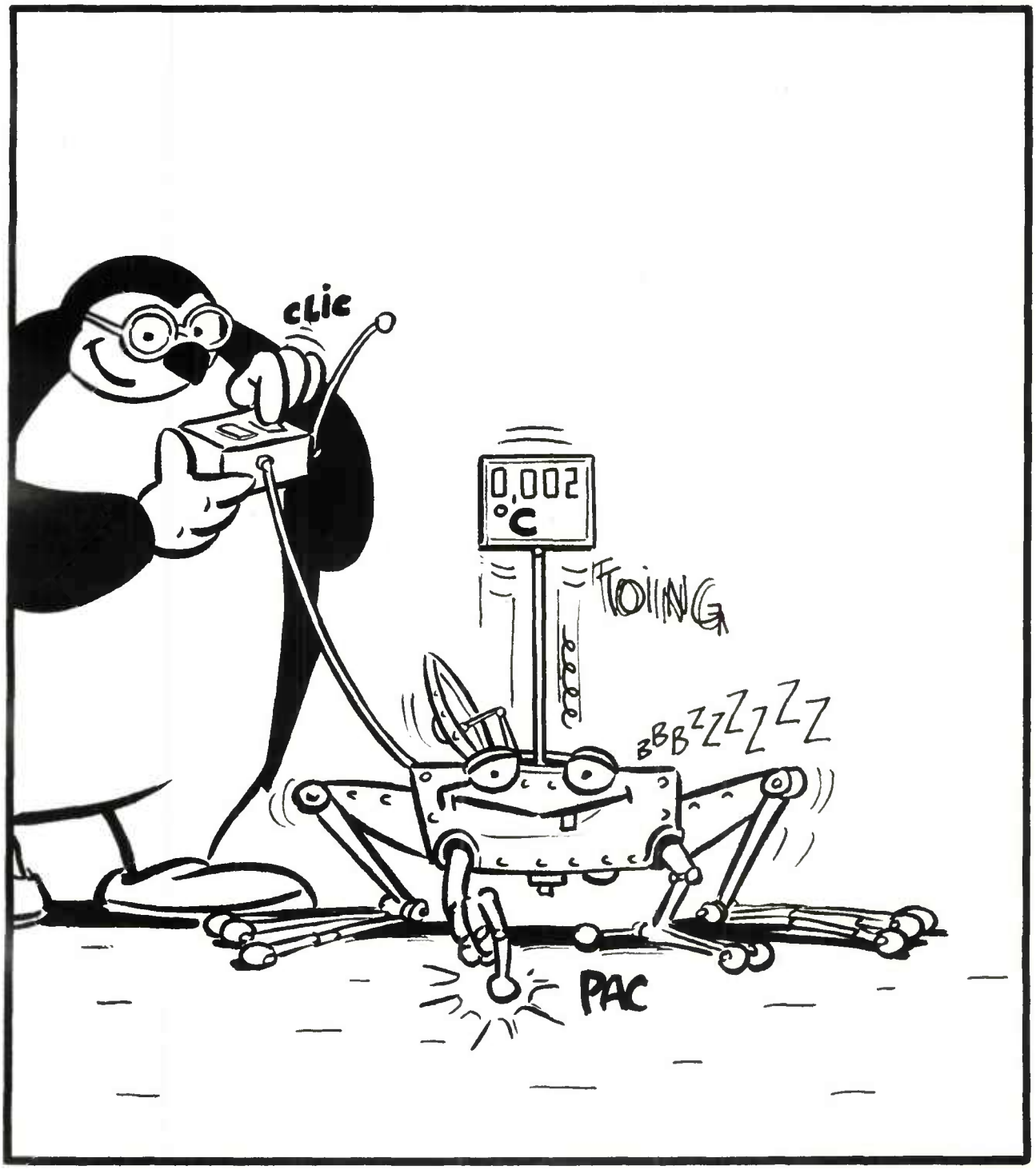
Pour disposer de telles sources d'information , on assurera avant l'hiver, au niveau d'un centre d'intervention ou d'une subdivision :

— un recensement des observateurs possibles,

— une concertation avec chacun d'eux pour examiner les possibilités de participation de leur part et, dans l'affirmative, définir les types d'observation à transmettre et modalités (période, fréquence, qui contacte qui...).



OUTILS D'AIDE A LA DÉCISION



OUTILS D'AIDE A LA DÉCISION

Nécessité d'outils pour déterminer la température et l'hygrométrie de l'air.

La sensation de chaud ou de froid, d'humidité ou de sécheresse, de variation dans l'espace ou le temps, sont appréciées diversement par les individus ; cette sensation dépend beaucoup des conditions d'environnement (chaud, froid, vent, rayonnement, etc.).

La sensation de chaud ou de froid d'une surface obtenue par toucher manque de fidélité.

Seul un appareil de mesure permet donc d'acquérir une connaissance précise de la température et l'humidité du milieu.

Les appareils à notre disposition :

— **Les thermomètres en verre** à colonne de mercure. Ces appareils ne présentent pas toujours la précision requise, surtout lorsque leur graduation est à un degré Celsius (°C) près. Les appareils gradués au 1/10 °C sont plus précis. Il convient de respecter quelques précautions élémentaires dans la mesure, qui en toute rigueur devrait être faite sous abri météorologique standardisé :

- éviter l'exposition aux rayonnements solaires,
- éviter d'appuyer l'instrument contre une paroi ou une vitre,
- éviter de toucher le tube pendant la mesure, etc.

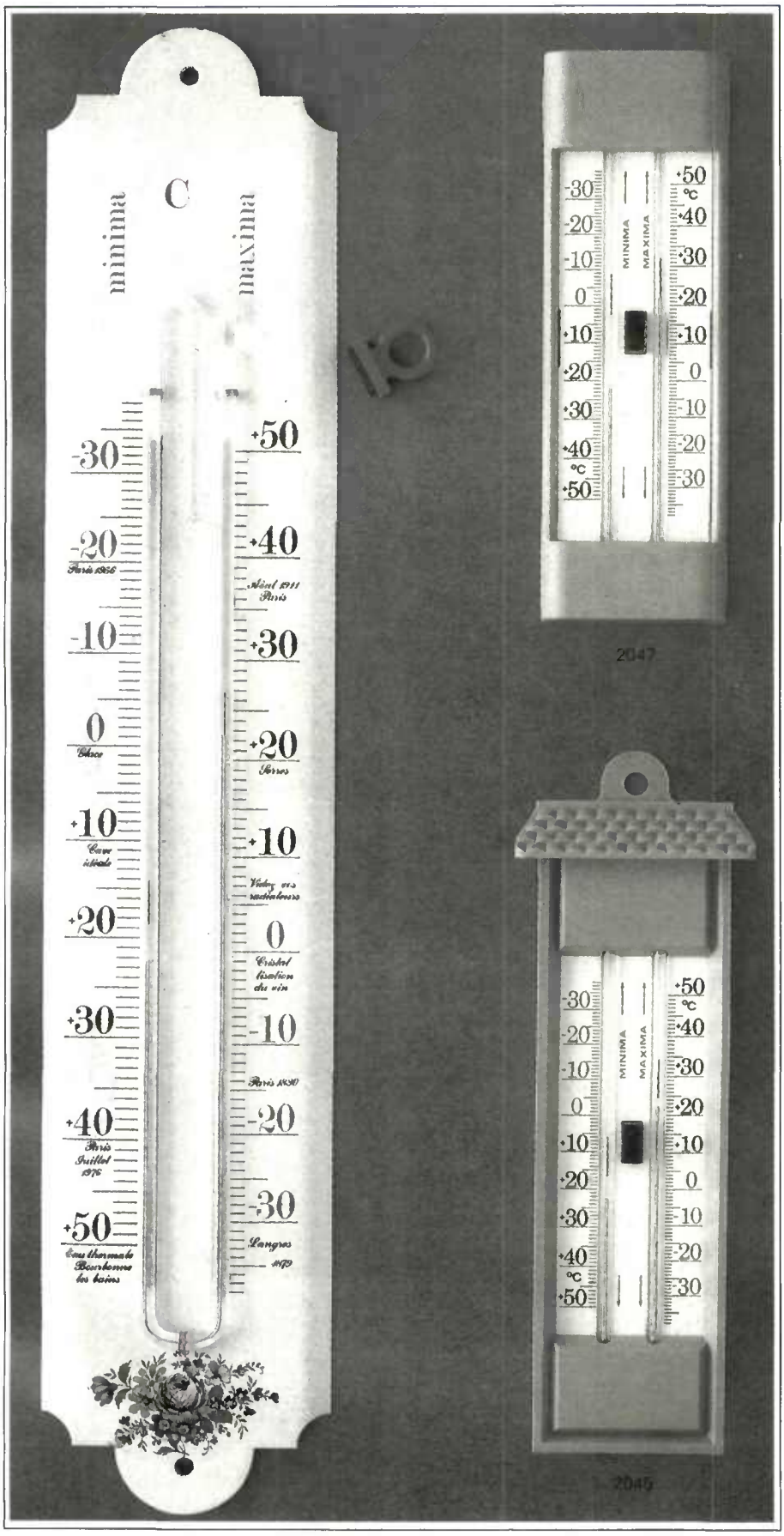
— **Les indicateurs numériques portables** pour la détermination des températures de l'air ou de la surface routière et de l'hygrométrie.

Ces indicateurs permettent le branchement de capteurs interchangeables pour des applications diverses. Pour la viabilité hivernale, il est nécessaire de disposer de deux capteurs :

- l'un pour la température et l'hygrométrie de l'air (sonde pour fluide),
- l'autre pour la température de surface du revêtement (sonde de contact).

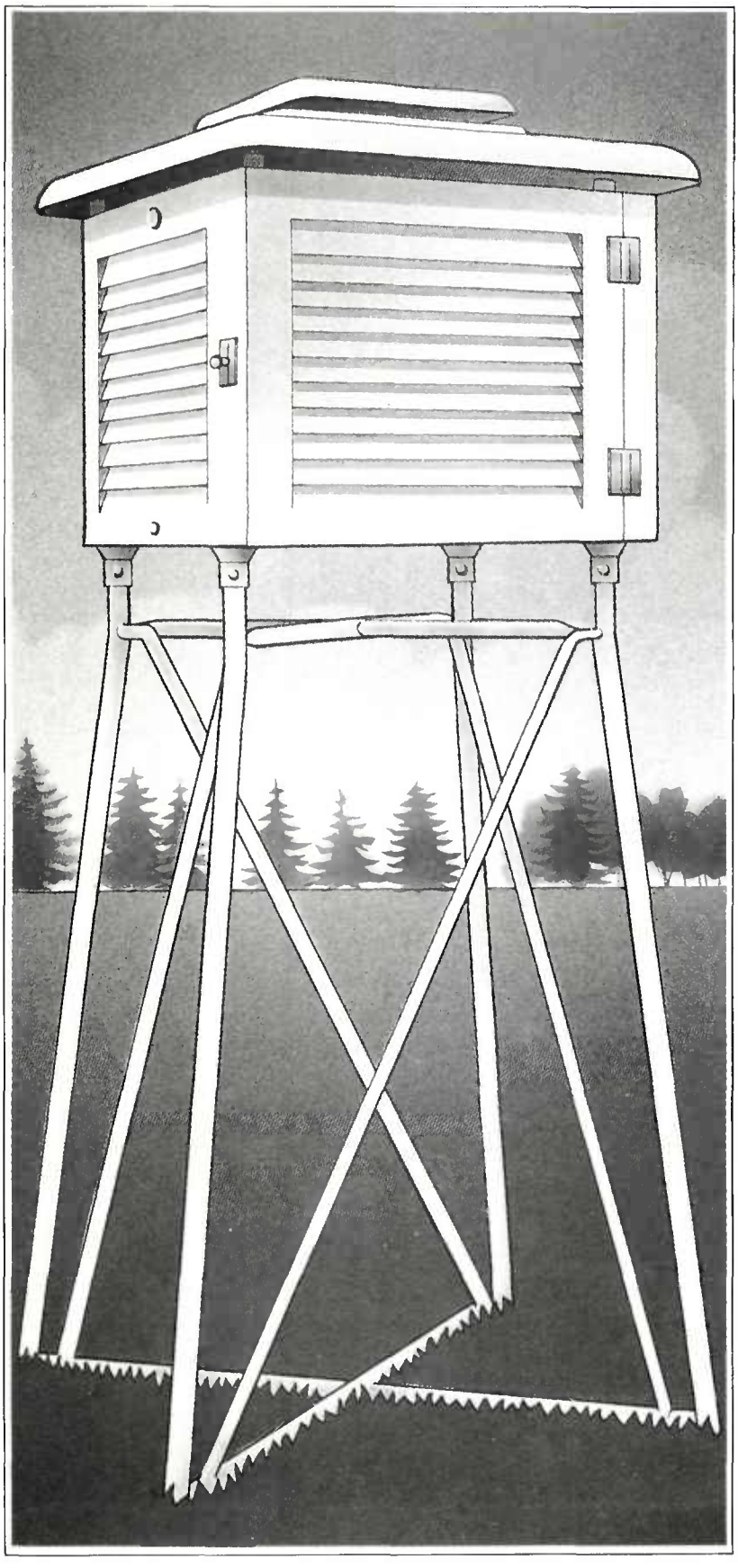
Les précautions d'emploi sont les suivantes : le boîtier numérique est sensible à la température, son utilisation en-dessous de 5 °C est déconseillée. Les capteurs présentent tous une constante de temps, le relevé d'une température ou d'une hygrométrie demande un délai de 30 secondes à 1 minute.

LE RELEVE DES TEMPERATURES



MINIMA ET MAXIMA

ABRI METEOROLOGIQUE



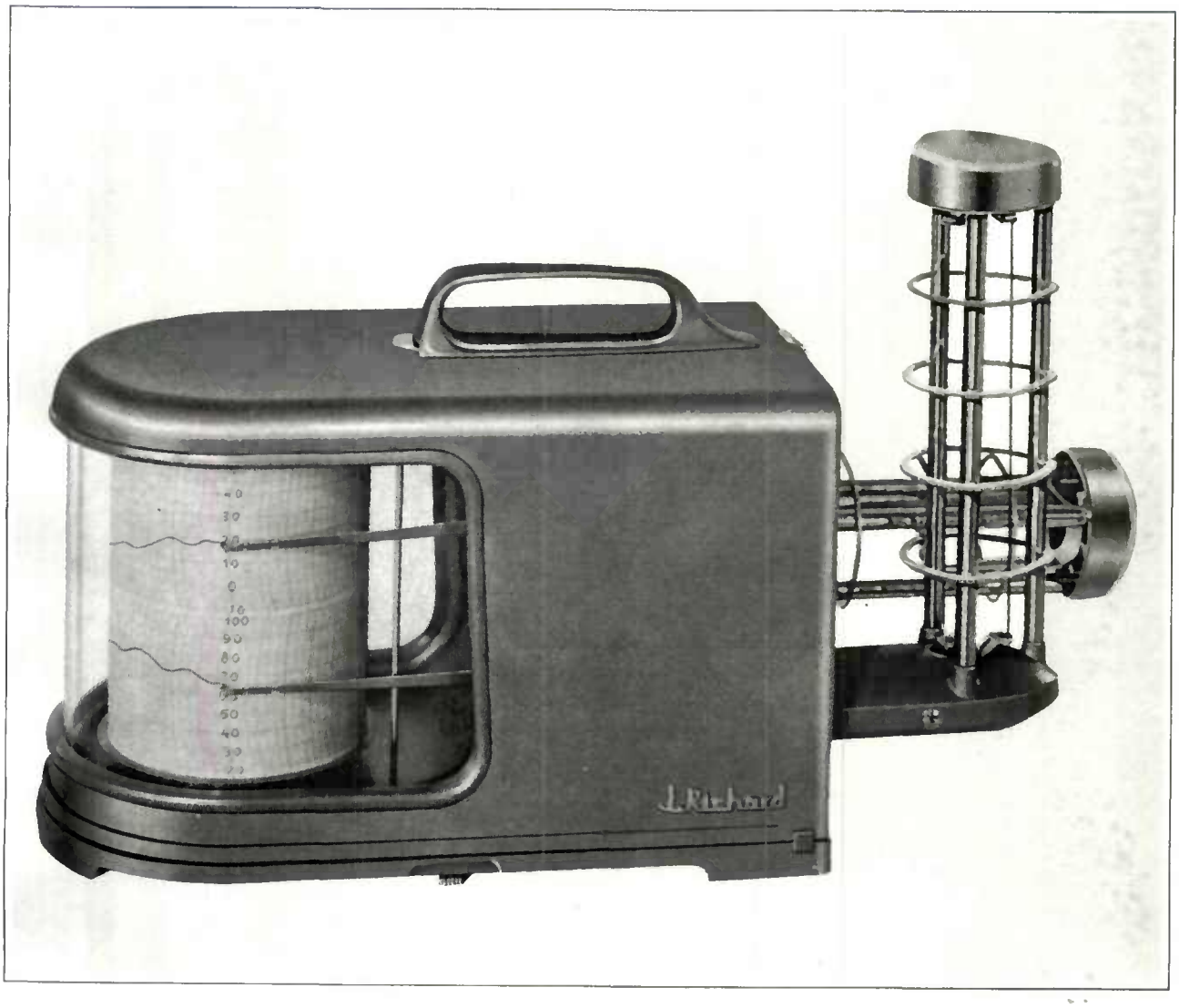
Ventilation des instruments
Protection du rayonnement
Implantation en zone dégagée sans ombres

LA PRECISION DEPEND AUSSI DE L'ABRI.

LA MESURE ET L'ENREGISTREMENT DE

▲ LA TEMPERATURE

▲ L'HUMIDITE RELATIVE



LE THERMO-HYGROGRAPHE

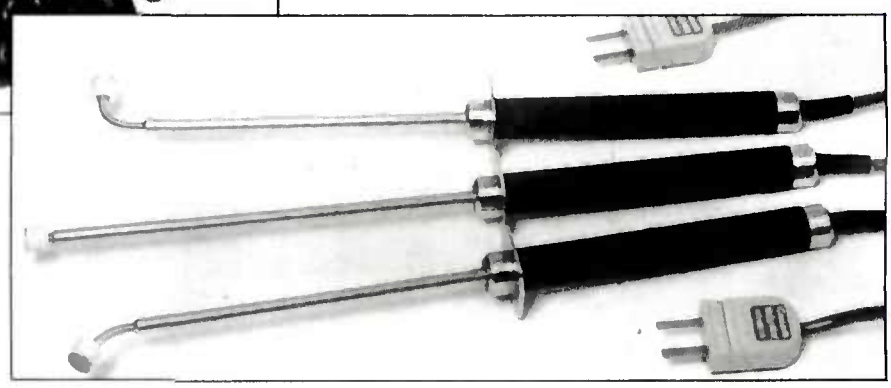
T de – 20° C à + 40° C
HR de 20 % à 100 %

Mesure de l'humidité et de la température

INDICATEUR PORTATIF

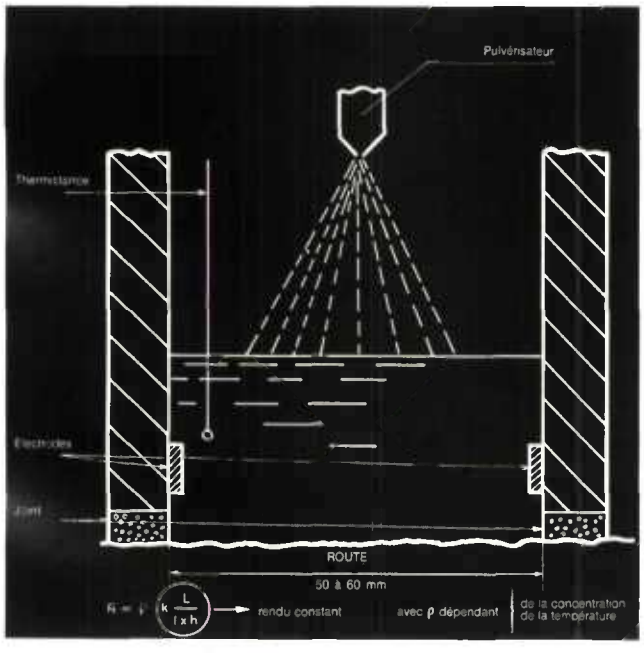
AVEC SONDES
Pour mesures d'ambiance

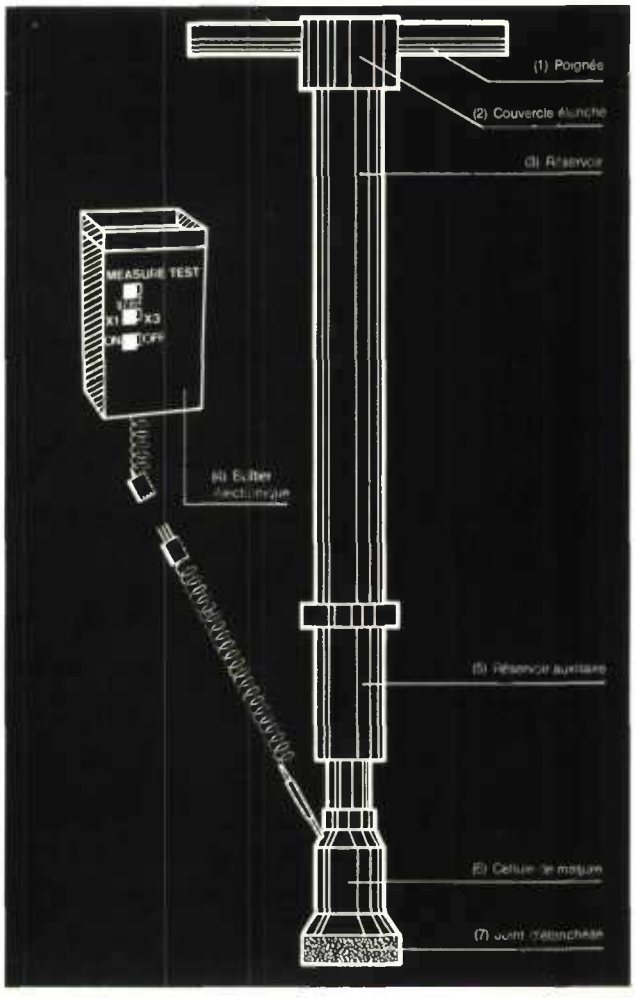
Pour mesure de surface



MESURE DE LA QUANTITE RESIDUELLE DE

FONDANTS CHIMIQUES EN g/m² SUR LA CHAUSSEE





SOBO 20

SO Lvay-BO schung

Ce matériel permet d'effectuer des mesures ponctuelles sur les points sensibles du réseau routier, c'est l'outil indispensable du patrouilleur.

Les appareils mis à demeure sur le réseau routier ou en subdivision

Les appareils sont généralement disposés dans un abri météorologique standard, implanté en zone dégagée (absence d'ombre et de protection au vent).

Disposés en bord de chaussée, dans une zone sensible sur le plan de la VH, ils constituent un indicateur de risque. En subdivision, ils permettent un suivi plus régulier et une analyse des tendances.

Un abri météorologique est généralement équipé d'un thermo-hygrographe enregistreur.

Les stations automatiques

Issues de l'évolution technologiques de la dernière décennie, ces stations sont implantées en bord de chaussée et réunies en réseau. Ces stations effectuent diverses mesures dans l'atmosphère et le corps de chaussée.

Ces mesures sont concentrées par réseau Télécom sur des matériels informatiques qui traitent et analysent les données pour aider le gestionnaire à prendre sa décision.

Ces matériels qui restent coûteux ne doivent être envisagés qu'après avoir effectué une analyse générale des besoins et solutions dans le domaine de la VH.

SYSTÈMES D'AIDE A LA DÉCISION

SYSTÈMES D'AIDE A LA DÉCISION

L'exigence d'une optimisation constante des organisations, des moyens et des méthodes de traitement hivernal ne peut être obtenue que par l'amélioration de la connaissance :

— des phénomènes météorologiques à combattre (type, prévision spatio-temporelle...),

— du fonctionnement des fondants sur la route,

— du comportement microclimatique de la route,

— de l'adéquation entre le phénomène climatique et les méthodes de traitement.

Les systèmes d'aide à la décision en matière de viabilité hivernale participent à la mutation de ce domaine. De la phase expérimentale des cinq dernières années, réalisée sur autoroutes, routes nationales ou départementales, nous abordons actuellement une phase opérationnelle qui se traduit par le début d'équipement de nombreux réseaux.

Les stations locales de mesures et d'observation (appelées aussi stations routières ou stations microclimatiques locales)

Une station se compose de deux ensembles principaux de capteurs :

— **les capteurs atmosphériques**, qui relèvent les caractéristiques d'état de la masse d'air à proximité de la chaussée. Les paramètres de base acquis par le système sont généralement les suivants :

- la température prise sous abri ou dispositif de protection contre les rayonnements solaires,
- l'humidité relative prise dans les mêmes conditions,
- la présence ou l'absence de précipitations (distinguant dans certains cas : l'état liquide - pluie, de l'état solide - neige ou grêle).

Des capteurs supplémentaires peuvent compléter le dispositif de mesure, sans pour autant participer à l'analyse faite par le système :

- la pluviométrie ou hauteur d'eau tombée,
- la vitesse et la direction du vent,
- la distance de visibilité routière,
- la pression atmosphérique,
- la hauteur de la neige au sol.

Le choix de tels capteurs supplémentaires doit se faire en fonction de leur intérêt véritable à l'exploitation et bien sûr de leur coût !

— **les capteurs de chaussées**, qui donnent les conditions thermohydriques et le niveau de protection saline à la surface du revêtement. Ces capteurs sont dits intelligents, parce qu'ils mettent en œuvre des processus physiques plus ou moins complexes pour rechercher l'information souhaitée et qu'ils utilisent différents algorithmes pour piloter certains composants.

Les informations sont généralement les suivantes :

• la température de surface du capteur (considérée comme équivalente à celle du revêtement),

• la présence ou l'absence d'humidité à la surface du capteur (considérée comme équivalente à celle du revêtement),

• le niveau de protection thermique apporté par les fondants. Cette information est recherchée :

— soit par le biais d'un processus de thermoréfrigération locale par élément Pelltier permettant une détection physique du changement d'état de la phase aqueuse sur le revêtement,

— soit par le biais de mesures électriques combinées (résistives, capacitives...) permettant de déterminer la concentration en chlorure et d'en déduire le niveau de protection thermique.

Certains capteurs de chaussée donnent des mesures de température à différentes profondeurs, pour apprécier la profondeur de gel ou le gradient thermique dans la couche de roulement.

Cette station se compose ensuite **d'une unité de traitement local,** dont la fonction est de gérer les capteurs (saisie, conversion, stockage avant transmission) et d'effectuer un certain nombre de prétraitements ou traitements.

Ces derniers peuvent être :

— l'analyse et le pilotage des fonctions du ou des capteurs intelligents,

— l'analyse de cohérence des informations acquises (défauts système : en vue de la maintenance...),

— l'analyse des situations à risques par le biais d'une procédure dite en tamis ou d'algorithmes spécifiques.

La transmission des données vers l'unité centrale

Ce cordon ombilical conditionne la fréquence de transmission des informations et l'accès plus ou moins rapide à ces dernières.

Les vecteurs de transmission actuels sont les suivants :

— le réseau spécialisé (filaire permanent, transpac, privé ou non, multiplexé ou non, MIC, etc.),

— le réseau téléphonique commuté (RTC),

— le réseau hertzien (peu courant),

— le réseau satellitaire (balise argos, en cours de développement).

L'unité centrale

Cette unité centrale assure deux missions principales :

— elle gère la transmission et le stockage des données provenant des stations locales de mesures et d'observation,

— elle traite et analyse les données transmises,

— elle génère différents niveaux d'alarme (visuelle ou sonore).

Interface homme-machine

Les données recueillies et analysées sont présentées à l'écran du micro-ordinateur sous différentes formes, plus ou moins conviviales.

Les présentations communes à tous les matériels sont les suivantes :

— des tableaux synoptiques présentant les données numériques brutes ou analysées de la situation présente sur les différentes stations de mesures,

— l'évolution des paramètres principaux sur 2 ou 24 h, pour chaque station connectée pour une période quelconque de l'hiver.

D'autres présentations des données sont proposées :

— données numériques des différentes stations dans un ensemble de fenêtres sur fond de carte routière scannérisée,

— évolution d'un ou plusieurs paramètres quelconques en fonction du temps,

— etc.

Certaines prestations supplémentaires complètent le dispositif, telles que :

— le renvoi par téléphone des alarmes aux personnels d'astreinte,

— la possibilité de consulter à distance les données acquises par le système, à l'aide d'une console portable,

— la possibilité de gérer à l'aide d'un programme spécifique la totalité de l'activité viabilité hivernale (gestion des mouvements de véhicules, type d'intervention, localisation, type de fondants, quantité, statistiques hivernales, etc.).

Quelles aides à la décision apportent actuellement de tels systèmes ?

Les SAD-VH apportent actuellement :

— une **connaissance précise des paramètres d'état** de l'atmosphère et de la route en des lieux donnés, à distance et en temps réel,

— une **analyse temporelle des divers paramètres** permettant d'en déduire des scénarios probables,

— une **vision globale de la situation météo** routière d'une région, dès lors que celle-ci est couverte par plusieurs stations de mesures,

— un ensemble d'**alarmes ou seuils d'alertes** obtenus par le biais de diverses méthodes d'analyses automatiques qui néanmoins restent très sommaires.

Les matériels existant actuellement sur le marché

Trois systèmes existent actuellement sur le réseau routier français :

— **Boschung-Mecatronic** fabricant suisse représenté en France par Sodirel,

— **Sermo-Lacroix** fabricant français,

— **Vaisala** frabricant finlandais ne possédant pas actuellement de représentation française.

D'autres fournisseurs, très connus à l'étranger, sont susceptibles de s'implanter en France : Findlay-Irvine (Grande-Bretagne), SSI Surface système (USA), Malling Kontrol (Danemark), FFV Aérotech (Suède), Van den Berg (Hollande), etc.

Les systèmes d'aide à la décision expérimentés en France

Il existe actuellement trois principaux champs d'expérience des systèmes d'aide à la décision en matière de viabilité hivernale.

Sur le réseau A 72 de la Société des **Autoroutes du Sud de la France** (SASF), où a été mis en œuvre un réseau de 10 stations de mesures Boschung-Mecatronic.

Dans le département de **Meurthe-et-Moselle**, où le réseau autoroutier et national a été équipé de 5 stations de mesures Boschung-Mecatronic et où le réseau départemental a été équipé de 16 stations de mesures Sermo-Lacroix.

Sur le réseau **A 31 de la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône** (SAPRR), où à été installé un réseau de 12 stations de mesures Vaisala.

Des expérimentations locales sont menées par d'autres sociétés d'autoroutes, afin d'évaluer comparativement les quelques systèmes présents sur le marché français.

La fiabilité des SAD-VH

Il n'existe pas, actuellement, d'étude de fiabilité au sens métrologique, analyse VH et fonctionnement des SAD-VH.

Tous les matériels actuellement en exploitation ont présenté des anomalies « plus ou moins graves » de fonctionnement : de l'absence complète d'informations à la fourniture de données erronées.

Le réseau des LPC propose actuellement une procédure d'évaluation comportant trois niveaux :

— une évaluation sur dossiers techniques des fournisseurs,

— une évaluation métrologique des « capteurs intelligents »,

— une évaluation « in situ » de la chaîne globale de mesure et de l'aide à la décision effectivement fournie.

Remarque importante à méditer

L'insertion d'un tel système dans un service, n'est pas sans poser de problèmes ! Il vient bousculer l'organisation en place. Ces méthodes de travail remettent en cause une partie du savoir-faire et vont permettre de valoriser autrement l'expérience des hommes.

Selon l'approche du problème, on peut aboutir, dans certains cas, à un échec lorsque le SAD-VH est imposé (par un groupe réduit d'experts) à une organisation qui n'en ressent pas le besoin ou ne s'est pas structurée pour le recevoir. Dans d'autres cas, la réussite est acquise parce que la mise en œuvre du SAD-VH est le résultat d'une réflexion générale de l'ensemble du personnel, qui voit dans sa mise en place une réponse positive à ses problèmes.

Si l'on a décidé de s'équiper d'un SAD-VH, comment effectuer son choix ?

Il n'existe pas actuellement de meilleur choix. Le réseau technique des LPC peut apporter :

— des arguments techniques pour telle ou telle solution,

— une aide au choix des sites à équiper,

— une procédure de réception métrologique des dispositifs.

Le choix repose sur une évaluation d'ensemble du projet et qui couvre les domaines suivants :

— la capacité à répondre à la demande (délais, précision dans les réponses à caractère technique et commercial, etc.),

— la capacité à s'adapter à l'organisation (modalité de fonctionnement, réseau de transmission, structure, etc.),

— la volonté de démontrer que le produit fourni répond à la demande (prêt gracieux de matériel, mise au point dans les délais fixés),

— la compétitivité du produit,

— la fiabilité du matériel en démonstration,

— la qualité et la précision des informations transmises,

— la qualité du matériel,

— la contractualisation du service après-vente (réglage, formation, délais d'intervention, sérieux, etc.),

— l'accompagnement du produit et en particulier la volonté de répondre aux attentes spécifiques du gestionnaire (adaptation des logiciels aux besoins nouveaux, à l'organisation en place, etc.).

C'est l'ensemble de ces appréciations, dont un grand nombre sont subjectives, qui constitue l'évaluation globale du produit SAD et des prestations nécessaires à son fonctionnement.

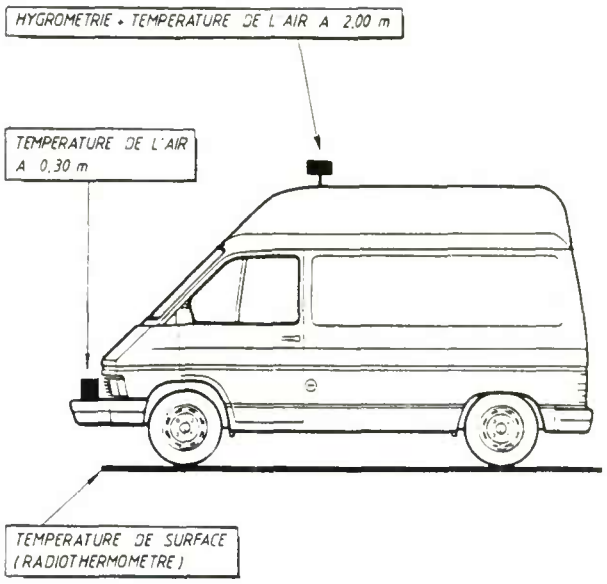
SAD-VH et informations à l'usager

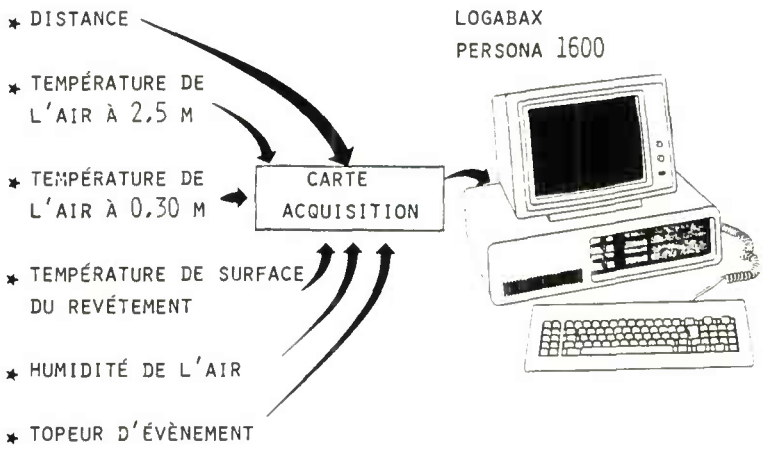
Ces systèmes permettent de recueillir de nombreuses informations sur l'état du réseau en période hivernale, qui peuvent être utiles pour l'usager.

La nature des informations qui seront transmises à l'usager sera étudiée de très près, de façon à garder toute crédibilité au service.

En aucun cas le système ne servira à l'animation automatique de panneaux « verglas », panneaux à message variable, ou autres dispositifs (note n° 1500 REG 1/10 du 2 décembre 1974 - Direction des Routes et de la Circulation Routière du Directeur des Routes).

THERMOROUTE





UN LOGICIEL D'ANALYSE ET DE RESTITUTION GRAPHIQUE

THERMOROUTE

Une empreinte thermohydrique peut être relevée par le véhicule thermoroute. Il enregistre, tous les 3 mètres, à environ 70 km/h :

— la température et l'humidité de l'air à 2,50 m,

— la température de surface de la chaussée,

— on tope des événements précodés (déblai, remblai, végétation, ouvrages...).

Ces mesures sont effectuées par ciel clair, la surface de la chaussée étant sèche et non salée (conditions anticycloniques).

Elles permettent de restituer une empreinte thermohydrique complétée par calcul par :

— la température du point de rosée (ou de givre),

— la vitesse de refroidissement entre 2 passages successifs,

— les écarts de température au profil moyen du circuit.

Ces empreintes thermohydriques permettent aux gestionnaires :

— de déterminer les zones à risque dans les conditions climatiques de mesure (cas des nouvelles chaussées),

— de compléter l'approche topo-climatologique décrite au chapitre II,

— de rechercher les zones favorables à l'implantation des systèmes d'aide à la décision.

La méthodologie d'exploitation des données thermoroute évolue actuellement, l'enrichissement des empreintes est recherché par apports géomorphologiques, géologiques, solaires, etc.).

Page laissée blanche intentionnellement

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ DES TRAITEMENTS

La décision de traiter un itinéraire ou une section « contre le verglas » intègre à la fois :

— le niveau de service de l'itinéraire,

— l'analyse du risque rencontré.

La décision doit répondre aux questions :

• **Quoi faire ?** en fonction du phénomène, nature du traitement/dosage.

• **Quand faire ?** le moment le plus opportun dépend, du PIVH, du risque, des conditions climatiques.

Pour le préventif on visera à retarder le plus possible le traitement par rapport à l'apparition de la glissance pour optimiser le résultat en limitant le dosage.

• **Où faire ?** le traitement peut être **localisé** à des points singuliers, **étendu** à des zones difficiles, **généralisé** à un itinéraire.

• **Comment faire ?** les méthodes (réglage, largeur, position sur route...) doivent avoir été parfaitement définies au préalable.

TRAITEMENTS PRÉVENTIFS VERGLAS

ici MÉTÉO! ATTENTION VERGLAS

DOSAGE

FONDANTS

NIVEAU DE SERVICE

INFLUENCE EXTÉRIEURE

ZONES SENSIBLES

MOYENS

SALINITÉ RÉSIDUELLE

TYPE DE VERGLAS

J'Y VAIS

J'Y VAIS PAS

TRAITEMENTS PRÉVENTIFS VERGLAS

■ **But :** Un salage préventif ou « pré-curatif » a pour objet d'empêcher et en tout cas de retarder la formation de glace sur la chaussée.

Il consiste à donner une salinité résiduelle suffisante destinée à abaisser le point de congélation.

Il est assuré, couramment sur certaines routes exceptionnellement sur d'autres.

■ **Déclenchement de l'intervention** : cf. processus décisionnel : fiche 322.

■ **Efficacité**

Une réelle efficacité implique :

— une analyse aussi fine que possible des risques avant la décision.

TOUTE SYSTÉMATISATION AUSSI BIEN SPATIALE QUE TEMPORELLE EST A EXCLURE

— un dosage approprié,

— une nature de fondant adaptée à l'état de la chaussée et aux risques,

— un délai le plus faible possible, entre le traitement et l'apparition du phénomène,

— une influence limitée des éléments extérieurs (trafic, précipitation...).

D'où la nécessité :

— du bon choix de la nature et du dosage du fondant,

— de la détermination du meilleur moment pour l'exécution du traitement,

— de la surveillance du réseau après exécution.

TRAITEMENTS PRÉVENTIFS (choix)

TRAITEMENT / CONDITIONS CHAUSSEE		SAUMURE (NaCl ou $CaCl_2$)	BOUILLIE Sel + Saumure	SEL SOLIDE	OBSERVATIONS
		TENUE DE LA CHAUSSEE			
CHAUSSEE SECHE	HR < 75 %	PARFAITE après séchage : MOYENNE	ASSEZ BONNE (augmenter la proportion de saumure)	TRES MAUVAISE	ETUDIER SI LE SALAGE PEUT ETRE EVITE
	HR > 75 %	TRAITEMENT FAVORABLE (risque de dilution)	ASSEZ BONNE	MAUVAISE	
CHAUSSEE HUMIDE < 1/10 mm		NON NEGLI-GABLE	TRAITEMENT FAVORABLE	ASSEZ BONNE	
CHAUSSEE MOUILLEE 1/10 et 1 mm		TRES IMPORTANTE	FAIBLE	TRAITEMENT FAVORABLE	EVITER DE SALER SI POSSIBLE
CHAUSSEE RUISSE-LANTE > 1 mm		TOTALE	TRES IMPORTANTE	IMPORTANTE	NE PAS SALER SAUF NECESSITE ABOLUE : SEL SOLIDE
		DILUTION			

TENUE SUR LA CHAUSSEE

DILUTION

■ **Choix du traitement** : pm.

• **Dosages :** On tendra vers les dosages ci-dessous, la réduction de la largeur permettant de les atteindre plus aisément.

Sel solide	Saumure	Bouillie
10 à 15 g/m^2	12,5 à 25 cm^3/m^2 soit 4 à 8 g/m^2 sel	8 à 10 g/m^2 de sel + 15 à 25 % de saumure

■ **Exécution :** quelques consignes.

Par souci d'efficacité, et d'économie, il convient d'observer les règles ci-après pour l'exécution du traitement.

— Respecter les dosages prescrits.

— Répandre sur la largeur utile de la chaussée, environ à 1,5 m des rives (sauf en saumure).

La circulation, le bombement ou le dévers de la chaussée feront le reste. Il est inutile de traiter les accotements.

■ **Suivi** : Ce dernier doit être cohérent avec le niveau de traitement effectué.

A traitement précuratif pointu, suivi de même.

TRAITEMENTS CURATIFS VERGLAS

TRAITE-MENT / PRO-BLEME	SAUMURE (NaCl ou $CaCl_2$)	BOUILLIE Sel + Saumure	SEL SOLIDE (granulo. étendue)	MELANGE NaCl , $CaCl_2$
DEPOT DE GIVRE	EFFICACE IMMEDIATE-MENT RISQUE DE DILUTION SI LE DEPOT SE POURSUIT	EFFICACE PRESQUE IMMEDIATE-MENT (qlqs mn)	EFFICACE AVEC LEGER RETARD (15 à 30 mn)	EFFICACE AVEC LEGER RETARD (5 à 15 mn)
VERGLAS PAR CONGELA-TION D'EAU	EFFICACE IMMEDIATE-MENT RISQUE DE RECONGELA-TION SI TEMPERATURE FROIDE	EFFICACE PRESQUE IMMEDIATE-MENT (5 mn)	EFFICACE AVEC RETARD IMPORTANT (> 30 mn)	EFFICACE AVEC LEGER RETARD (10 à 20 mn)
VERGLAS PAR PLUIE SUR SOL GELE	INEFFICACE CAR DILUTION TRES RAPIDE	EFFICACE BONNE RESISTANCE A LA DILUTION	EFFICACE EN DEBUT DE PHENOMENE INEFFICACE SI VERGLAS FORME	EFFICACE
VERGLAS METEORO-LOGIQUE PAR PLUIE EN SURFUSION	EFFICACE EN TRAITE-MENT D'ATTAQUE UNIQUEMENT	EFFICACE BON COM-PLEMENT AU TRAITE-MENT D'ATTAQUE	INEFFICACE EN RAISON DU TEMPS TROP LONG DE DISSOLU-TION	TRES PEU EFFICACE

TRAITEMENTS CURATIFS VERGLAS

■ **Leur but** : Eliminer le plus rapidement possible la cause d'une glissance due au verglas, à défaut la limiter (sablage).

■ Ce type de traitement est d'autant plus efficace que :

— la détection du problème est précoce,

— l'intervention est rapide,

— l'adéquation type de verglas, moyens (fondants, raclage éventuel) est optimale sachant que : les moyens employés, la rapidité d'intervention sont fonction du niveau de service retenu sur l'itinéraire et du plan d'intervention de VH.

■ **Traitement utilisé :** pm.

■ **Dosage utilisé** (dans le cadre de l'utilisation de fondants chimiques) 20 à 30 g/m^2 **voire plus si nécessaire dans la limite du raisonnable** d'un point de vue économique sachant que :

— mieux vaut 2 × 20 g qu'une fois 40 g,

— mieux vaut racler que d'essayer de faire fondre totalement une forte épaisseur de glace.

■ Il est inutile de traiter avec des fondants chimiques si la température n'est pas comprise dans la plage d'utilisation de ceux-ci !

■ **Exécution**

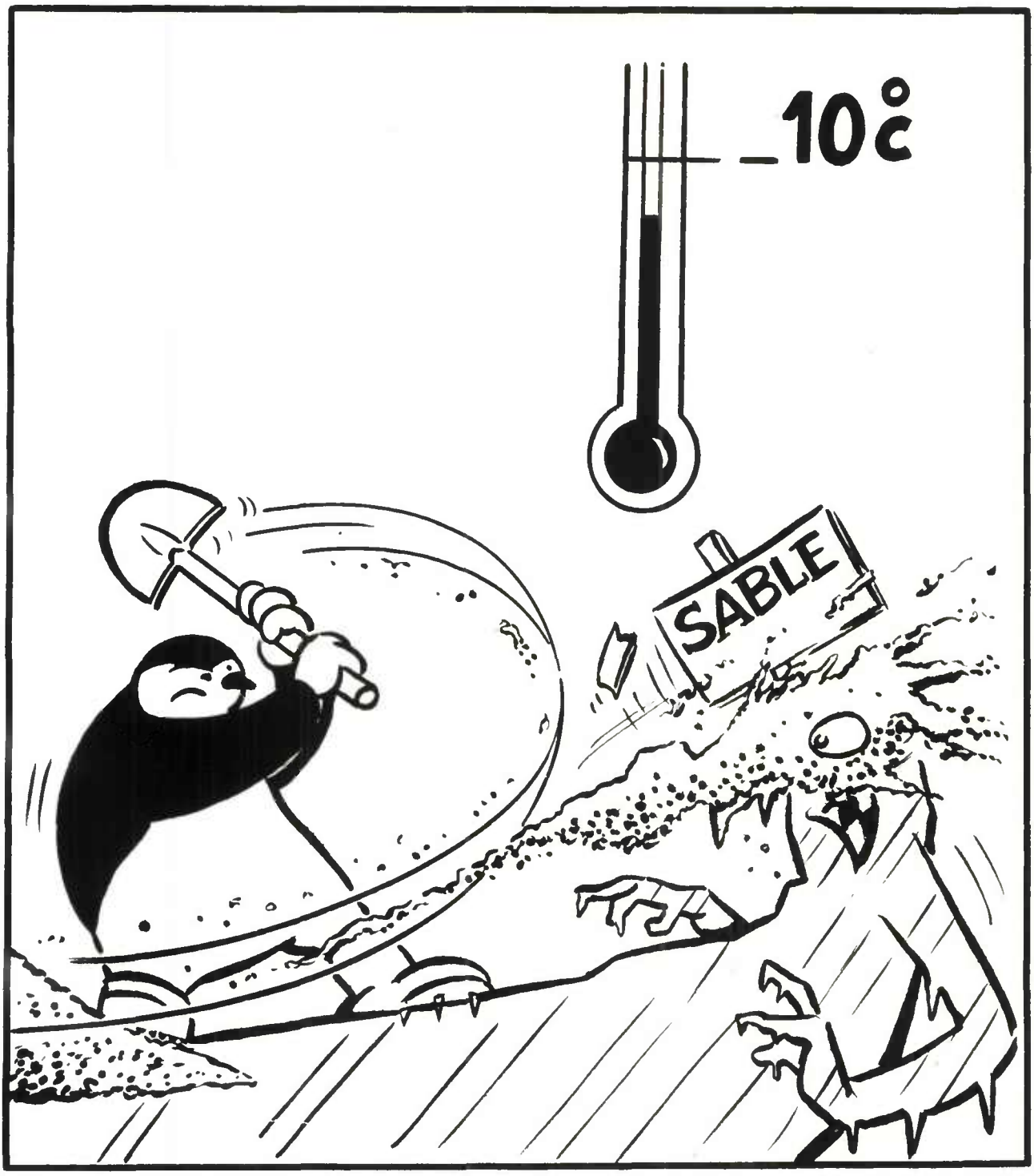
— Respecter les dosages prescrits.

— Répandre sur la largeur utile de la chaussée.

— En cas de couches épaisses de glace, racler dès que le salage a fait son effet. Eventuellement, effectuer un nouveau salage derrière le raclage pour prévenir toute recongélation.

■ **Suivi :** Celui-ci a pour principal objectif de vérifier les résultats en vue d'engager une action complémentaire si nécessaire, et de permettre l'information sur l'état des routes.

ULTIME RECOURS !



EMPLOI DES ABRASIFS

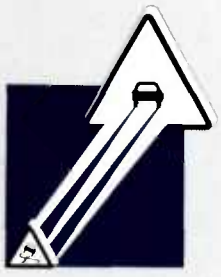
Ce type de matériau s'emploie :

— dans les niveaux de service faible,

— quand la température est trop basse, les fondants chimiques ne sont plus efficaces.

■ **Efficacité :** L'amélioration de l'adhérence obtenue est faible et généralement de courte durée car les matériaux épandus sont rapidement chassés par la circulation, ce qui peut nécessiter des épandages fréquents. Par contre, ils sont souvent le dernier recours pour maintenir la circulation dans certaines situations particulièrement difficiles.

Page laissée blanche intentionnellement



UNE BONNE GESTION DU « A4 »

Un gros effort de nettoyage d'une signalisation par trop fantaisiste est nécessaire.

Trois règles :

— limiter la signalisation au **strict nécessaire** (en particulier un accident un jour sur du verglas ne doit pas être la cause immédiate de la pose d'un A4),

— s'en tenir à la **règle officielle** (pas de panneau fantaisiste, choix entre A4 et AK4, et panonceau homogène),

— gérer ces panneaux et/ou ces panonceaux.

Une justification solide montrant qu'on gère efficacement ces panneaux doit permettre de faire jouer le « droit à l'erreur » éventuellement.

C'est plus efficace que le parapluie systématique qui rend complètement incrédible la signalisation.

RAPPEL DE LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

A 4

VERGLAS FREQUENT

AK 4

VERGLAS

AK 4

RISQUE DE VERGLAS

A 14

PLAQUES DE GLACE

RAPPEL DE LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

Signalisation routière - Livre I - Deuxième partie

Article 30-1 - Verglas

Lorsqu'il est possible de signaler le verglas, la signalisation s'effectue à l'aide d'un panneau A4 complété par un panonceau M9 d'indications diverses portant l'une des inscriptions suivantes :

A) « **Verglas fréquent** » sur les sections où il peut se produire en l'absence d'une formation généralisée, c'est-à-dire où son apparition échappe à toute prévision.

C'est le cas de courtes sections de routes connues par expérience. Cette signalisation est maintenue pendant toute la mauvaise saison et retirée le reste du temps.

B) « **Risque de verglas** » lorsque celui-ci fait l'objet d'une prévision météorologique. Cette signalisation s'effectue à l'aide de panneaux mis en place pour une durée limitée (occultables ou pliables par exemple).

C) « **Verglas** » lorsqu'il est réellement constaté. Cette signalisation s'effectue à l'aide de panneaux mis en place pour une durée limitée (occultables ou pliables par exemple).

Il est quelquefois possible de compléter ces panneaux par un panonceau d'étendue M2.

Dans les cas B et C on emploie des panneaux AK4.

Page laissée blanche intentionnellement

Comment gérer ces panneaux ?

— **A4 panonceau verglas fréquent** (sur S3 éventuellement S2), à implanter à l'approche de zones fréquemment soumises à la formation de verglas sur des itinéraires non salés préventivement ou non surveillés étroitement (faible niveau de service).

A DÉPOSER HORS PÉRIODE HIVERNALE

— **AK4 panonceau risque de verglas** (sur S2 éventuellement S1) à implanter à l'approche de sites très particuliers qui malgré le niveau de service élevé peuvent faire l'objet de formation intempestive de verglas.

A OCCULTER HORS PÉRIODE DE RISQUE

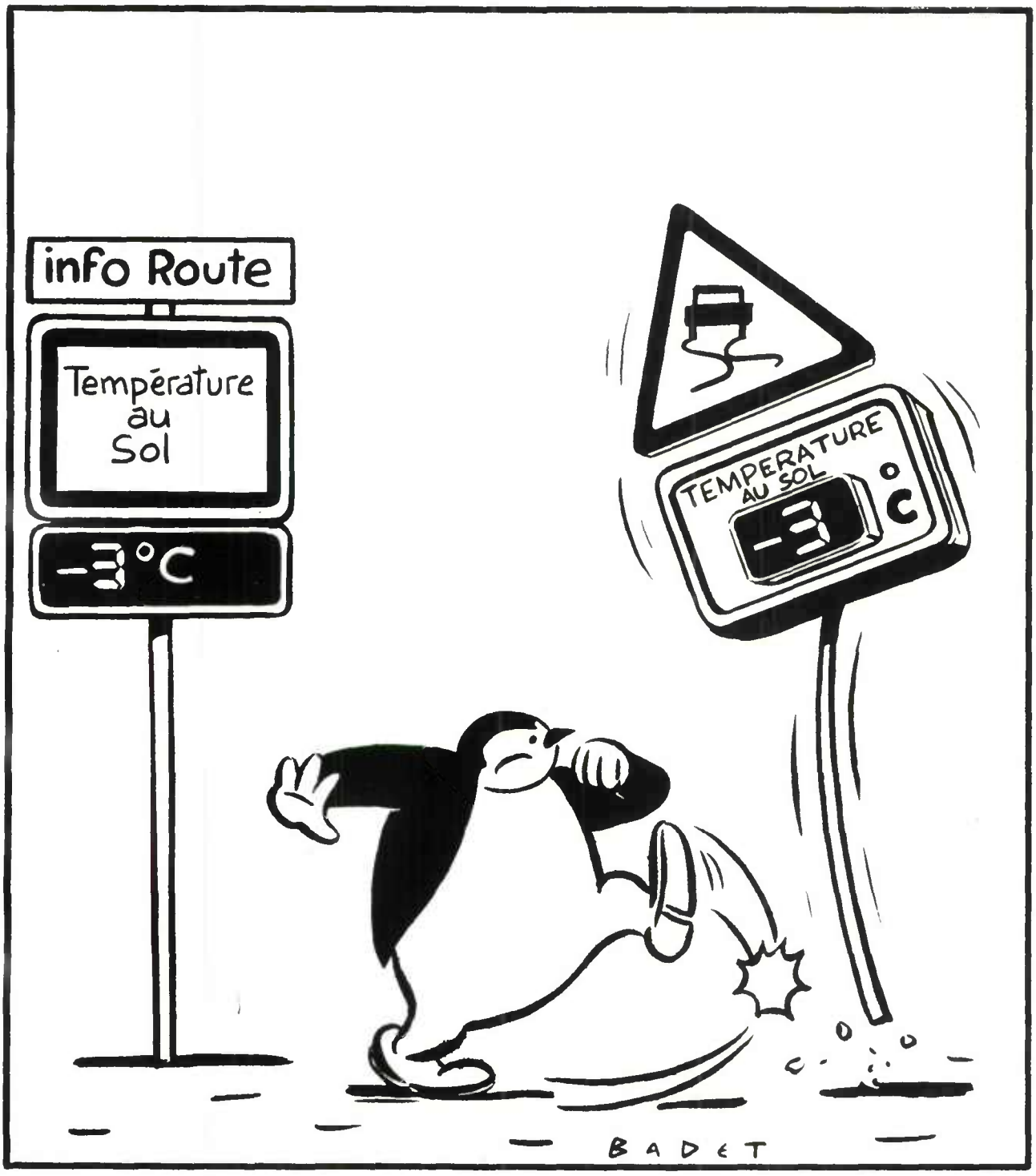
Si l'occultation du panneau paraît risquée, on pourra n'occulter que le panonceau MK9. Si l'occultation du panonceau MK9 est trop risquée (zone très sensible) on préférera le A4 panonceau **verglas fréquent** renforcé (grand modèle...).

— **AK4 panonceau verglas** (éventuellement sur S1), sur les axes les plus circulés et uniquement sur les itinéraires continuellement surveillés de préférence renforcé par un clignotant ou un triflash. Obligatoirement allumé à la main lors de la constatation effective de verglas sur la chaussée. Panneau et panonceau.

A OCCULTER HORS PÉRIODE EFFECTIVE DE VERGLAS

D'où nécessité d'un suivi hivernal très pointu (la rotation sur le support du panneau semble le meilleur système d'occultation).

AFFICHAGE DE LA TEMPÉRATURE AU SOL



AFFICHAGE DE LA TEMPÉRATURE AU SOL

L'affichage de la température à la surface de la chaussée, est destiné à informer l'usager des risques qu'il peut rencontrer lorsque cette dernière devient négative. Responsabilisation de l'usager qui se déplace sur un itinéraire ? Oui, mais en respectant quelques règles.

1) Implantation choisie

Il est difficile de multiplier ce genre d'installation, on aura intérêt à choisir un endroit très sensible aux refroidissements pour qu'il joue au mieux son rôle d'alerte.

2) Qualité métrologique du matériel et mise en œuvre rigoureuse

Il s'agit essentiellement de la précision de la mesure faite qui va dépendre du type de capteur, de son conditionnement de la chaîne de mesure associée et de l'implantation dans le corps de la chaussée.

3) Une information sur un panneau adéquat

L'information qui est permanente ne doit être associée à un panneau A4 ou AK4. On lui préférera, donc le panneau C 50 quitte à renforcer l'information en période climatique défavorable par un panneau AK4 placé en amont.

ACTIONS VERS LES USAGERS

ACTIONS VERS LES USAGERS

L'usager peut être sollicité à trois niveaux :

— par l'information routière en temps réel,
— par une campagne pré-hivernale,
— par la signalisation routière.

→ L'information routière doit faire passer la notion du risque sans la galvauder.

→ Une campagne pré-hivernale doit encourager les conducteurs à adapter leurs comportements.

→ La signalisation du Danger Verglas doit être crédible et utile autrement que sous le seul aspect juridique.

INFORMATION « TEMPS RÉEL » VERS L'USAGER DE LA ROUTE

B	=	brouillard
BG	=	brouillard givrant
M 5	=	route glissante
P	=	pluie
RM	=	route mouillée
RV	=	risque de verglas
RVR	=	risque de verglas sur les reliefs
SC	=	salage en cours
V	=	verglas

VISIBILITE

M 0	< 150 m
M 1	100 à 150 m
M 2	50 à 100 m
M 3	< 50 m
M 4	nulle

Code à utiliser exclusivement pour faciliter la transmission interne.

⇒ Un décodage est indispensable vers les usagers !

INFORMATION « TEMPS RÉEL » VERS L'USAGER DE LA ROUTE

C'est en hiver que les usagers cherchent le plus à connaître l'état du réseau.

Le verglas (présence, nature, risque, durée) est l'une de leur principale préoccupation. Une bonne information dans laquelle il aura confiance peut le conduire :

— à monter des équipements,
— à différer le voyage,
— à modifier l'itinéraire,
— à modifier l'heure de départ,
— à prévoir une augmentation de la durée du déplacement,
— à modifier son attention et sa condition, globalement ou ponctuellement.

Cet ensemble de modulation possible montre que l'usager a des réponses concrètes à apporter au problème « verglas ».

L'information temps réel a intérêt au maximum à coller au terrain, dans cet esprit on retiendra quelques principes s'adaptant au **recueil de l'information**.

— **La fiabilité** : si on signale le début d'un événement, on en signalera la fin.

— **La compréhension** : le langage utilisé sera celui de monsieur tout le monde, sans ambiguïté de sens.

— **Le réalisme** : les messages feront référence à des éléments facilement identifiables (route pas uniquement identifiée par le numéro, référence à des endroits au climat particulier, à la signalisation A4...) pour un usager quelconque non local.

— **La régularité** : dans le temps et les délais mais aussi dans la qualité.

Page laissée blanche intentionnellement

Au niveau de la diffusion

Un nombre important de médias est utilisable (journaux, TV, radios locales, téléphone, minitel...) :

— rechercher les médias efficaces le soir pour une information la veille et le matin avant le départ au travail (6 h - 8 h),

— adapter la finesse de l'information à diffuser en fonction de l'info :

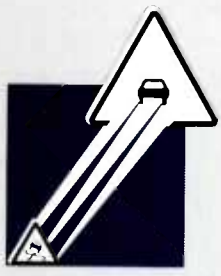
- de la zone de diffusion (zone plus importante = information plus agrégée),
- du niveau de service (plus niveau élevé, plus information précise dans le temps et l'espace).

Conclusion

L'information routière est une composante à part entière du Service Hivernal à ce titre elle requiert une organisation aussi performante que la surveillance ou les interventions, une véritable chaîne de recueil et de traitement des données dans laquelle chacun connaît parfaitement son rôle.

La régularité et la fiabilité donc la crédibilité sont à ce prix !

Page laissée blanche intentionnellement



MONTAGE D'UNE CAMPAGNE « GRAND PUBLIC »

Les conducteurs représentent une cible de choix dans la lutte contre le verglas.

Le seul moyen de les toucher est d'organiser une campagne de presse.

- Prendre contact avec le chargé des relations extérieures de la DDE qui dispose de l'expérience en la matière.

- Consulter les maîtres d'ouvrage concernés.

Quelques idées

— Lancer l'opération pour qu'elle aboutisse avant les premiers frimas (en fonction de la région).

— Etre au clair entre les messages diffusés d'une part et la réalité routière ou de fonctionnement du service d'autre part (attention au discrédit) ce qui signifie un travail interne préalable non négligeable avant d'aborder l'extérieur.

— Associer des journalistes (visite, sortie nocturne...).

Page laissée blanche intentionnellement

Les thèmes possibles

Qu'est-ce qu'un niveau de service à sortir avec une carte des niveaux (Peut être se limiter aux N1 et N2 et indiquer si des routes ne sont pas traitées).

— Aboutir à une modification réelle du comportement en fonction des niveaux.

Lecture de panneaux

— Rendre crédibles les panneaux A4.

Les équipements hivernaux

— Bien montrer les limites.

— Mettre en évidence la supériorité des 4 roues équipées et les difficultés d'en avoir que deux.

L'adhérence, la route, le véhicule

— Montrer le danger extrême induit par le verglas.

— Insister sur l'état du véhicule.

Quelques règles pour la conduite

— Montrer l'importance d'un apprentissage.

Une bonne prise en compte des dangers

— Montrer l'énorme intérêt qu'il y a à « sentir la nature ».

L'information *« temps réel »*.

— Rappeler les sources d'info, leur fiabilité, leurs limites.

Page laissée blanche intentionnellement

UNE BONNE PRISE EN COMPTE DES DANGERS

L'usager a peur du verglas ; pour 55 % des automobilistes, c'est le piège n° 1. Ce chiffre passe même à 63 % en zone montagneuse.

Cette peur correspond à une réalité : l'impossibilité de contrôler la trajectoire et/ou le freinage de son véhicule. En fait 2 cas se présentent :

① L'environnement perceptif est suffisant pour déclencher un ralentissement de vitesse suffisant pour que :

— soit par une bonne réaction de conduite,
— soit grâce à son équipement pneumatique

la perte de contrôle soit évitée.

② La vitesse d'approche est trop élevée : cela correspond soit à une surestimation de ses capacités, soit à une sous-estimation de la baisse d'adhérence réelle.

Dans le premier cas un effort d'information et surtout de formation peut améliorer les choses.

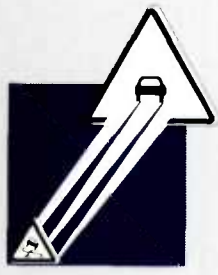
Dans le second il s'agit d'essayer d'accroître l'effet perceptif du piège tendu.

Si un panneau A4 existe au bord de la route, c'est son activation dans l'esprit du conducteur qui est en cause, il faut rechercher des moyens nouveaux d'activation de ces panneaux (cf. fiche 338).

Si aucun panneau A4 n'existe, on est donc sur un phénomène non purement répétitif et localisé, l'usager a une mauvaise perception d'ensemble du contexte danger ; à ce stade, le niveau de service habituellement offert sur la route (connue) ou sur le genre de route (méconnue) est très important.

Dans tous les cas la signalisation A4 doit être en conformité avec le niveau de service (cf. fiche 329).

Page laissée blanche intentionnellement



QU'EST-CE QUE L'ADHÉRENCE ?

L'adhérence est la qualité du contact entre les pneumatiques du véhicule et le revêtement routier.

Elle dépend de la qualité des pneumatiques (type, usure) et du véhicule lui-même (conception, suspension), de la qualité du revêtement (macrorugosité, microrugosité, état de surface) et des forces en présence liées à la vitesse et aux sollicitations instantanées de conduite.

L'adhérence est mobilisée :

— en **motricité** c'est-à-dire la capacité de transmettre la force motrice et de retarder le patinage des roues motrices,

— en **directivité** c'est-à-dire la capacité de transmettre l'ordre de virer imprimer au volant (adhérence des roues directrices),

— en **tenue latérale** c'est-à-dire la capacité à s'opposer à la force d'inertie lors d'un virage (adhérence des roues extérieures au virage),

— au **freinage** c'est-à-dire la capacité de transmettre l'ordre de ralentissement imprimé aux roues (ce sont surtout les roues avant qui sont sollicitées du fait du transfert de poids vers l'avant) et de retarder l'apparition du blocage.

Page laissée blanche intentionnellement

L'adhérence conditionne fortement la sécurité routière

L'hiver avec ses pièges habituels (humidité, brouillard, verglas, neige) est une saison propice aux variations subites d'adhérence générant des pièges meurtriers.

Règle fondamentale

L'article R 11.1 du Code de la route stipule que les vitesses maximales autorisées « ne dispensent en aucun cas le conducteur de **rester constamment maître de sa vitesse et de régler cette dernière en fonction de l'état de la chaussée, des difficultés de la circulation et des obstacles prévisibles ».**

Cet article ne signifie pas qu'il faut, dès que les conditions d'adhérence deviennent précaires, rouler à 20 km/h complètement tendu.

Il faut :

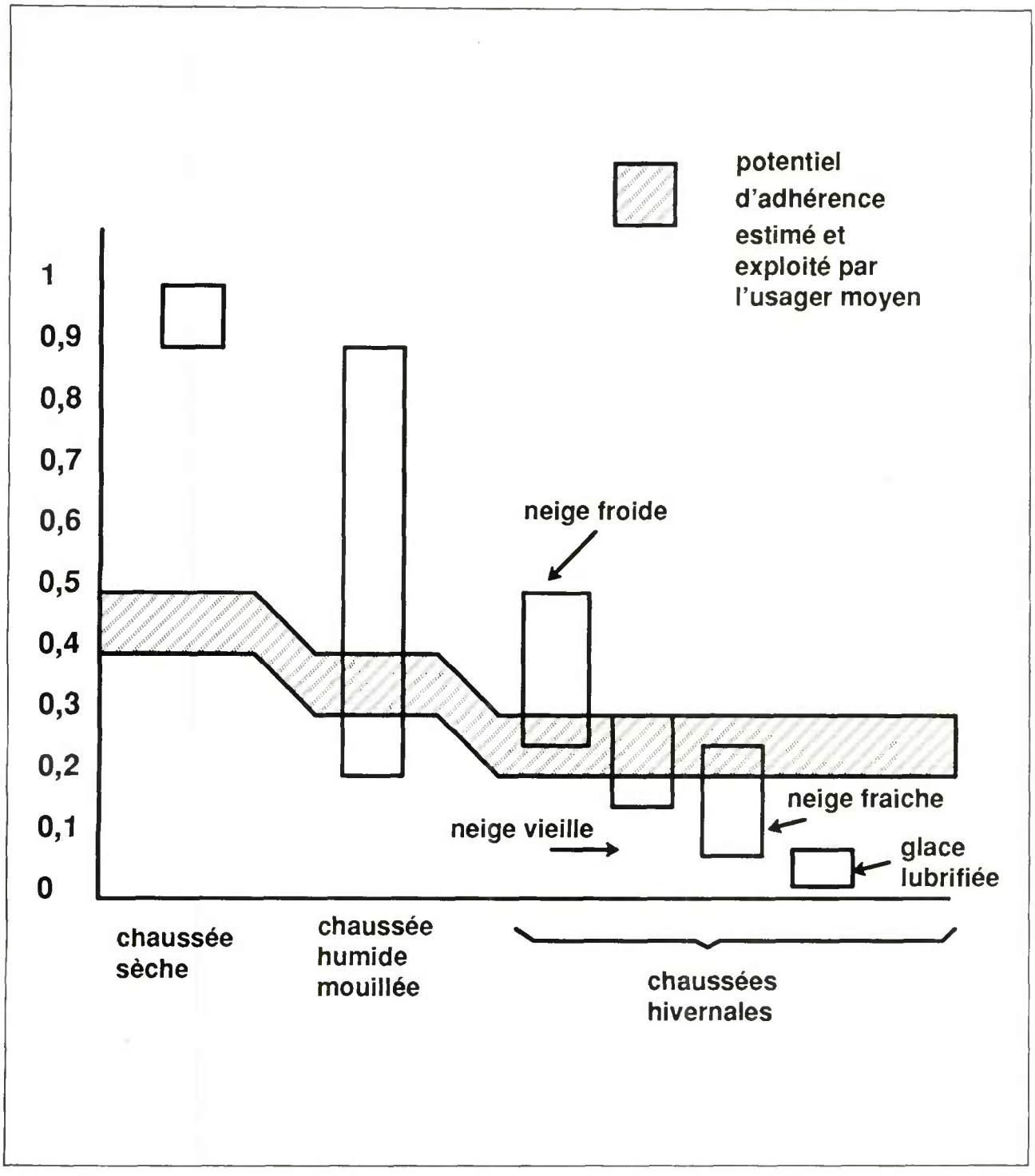
— tenir compte de toutes les informations en provenance de la route et du véhicule,

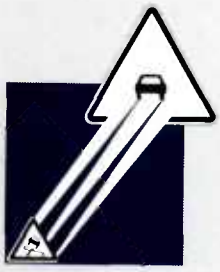
— ne pas surestimer ses possibilités ni celles de son véhicule,

— **éviter** toute manœuvre brutale et donc **anticiper** sur la difficulté éventuelle,

— ne pas (trop) paniquer en cas de difficulté subite (mais c'est plus facile à dire qu'à faire !).

ADHÉRENCE ET ROUTE





ADHÉRENCE ET ROUTE

— La motricité et le freinage mobilisent surtout le frottement longitudinal (mesuré à la remorque, LPC : coefficient de frottement longitudinal).

— La directivité et la tenue latérale mobilise surtout le frottement transversal (mesuré au SCRIM : coefficient de frottement transversal).

Un film d'eau plus ou moins épais, une pellicule de verglas ou une couche de neige modifie ces coefficients dans de larges proportions.

Or le potentiel d'adhérence estimé et exploité (avec sa marge de sécurité) par l'usager moyen, se situe dans une plage très étroite :

— très en dessous de la plage de variation des revêtements secs,

— située dans la partie basse de la très large plage de variation des revêtements humides ou mouillés,

— située dans la partie médiane de la plage de variation des chaussées hivernales.

On voit donc bien où se situe le danger réel.

La difficulté essentielle pour le conducteur réside dans la perception de cette variation d'adhérence et dans sa possibilité d'adapter à temps sa vitesse et ses réactions sans manœuvre incompatible avec la situation du moment.

Page laissée blanche intentionnellement

ADHÉRENCE ET VÉHICULE

Les réactions du véhicule sont en grande partie conditionnées par la qualité de l'adhérence :

— si la vitesse de rotation de la roue est égale à la vitesse de déplacement au sol, il y a **adhérence**. Les besoins (motricité, directivité...) sont satisfaits,

— si la vitesse de rotation de la roue est supérieure à la vitesse de déplacement au sol il y a **patinage**, l'adhérence s'améliore jusqu'à un faible pourcentage de glissement 15 à 25 % puis décroît proportionnellement au pourcentage de glissement (rapport des 2 vitesses) à la nature du pneu et du support. Un bon pneu d'hiver doit conserver une adhérence relativement correcte en fort glissement.

— si la vitesse de rotation devient nulle (freinage violent, calage moteur), il y a **blocage** et adhérence très dégradée.

Les diverses fonctions (motricité, directivité...) sont les mieux assurées lorsque les 2 vitesses de rotation des pneumatiques et de déplacement sur le sol sont les plus proches l'une de l'autre. C'est tout l'art du pilotage...!

Dans les conditions précaires d'adhérence, les défauts mécaniques d'un véhicule amplifient les réactions initiales, entraînant de graves répercussions, par exemple :

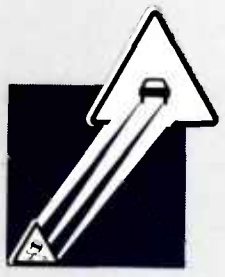
— un blocage prématuré d'une des 2 roues avant au freinage modifie la trajectoire,

— une suspension mal réglée occasionne des braquages induits dans la direction sur des variations de planéité qui se révèlent difficiles à contrôler sur sol glissant,

— des amortisseurs fatigués augmentent les transferts de masse et garantissent les têtes-à-queue,

• un équipement pneumatique hétérogène (en particulier sur les tractions avant, seules les 2 roues avant équipées M+S) transforme une voiture naturellement sous-vireuse en un véhicule extrêmement survireur.

Page laissée blanche intentionnellement



QU'EST-CE QU'UN NIVEAU DE SERVICE

La route assure environ 90 % des déplacements des personnes et 60 % des transports de marchandises, dans un contexte où les besoins de déplacements augmentent sans cesse et sont devenus quasiment indépendants de la saison, puisque près d'un tiers du trafic s'effectue durant les quatre mois d'hiver.

L'objectif du service hivernal est de pouvoir offrir des conditions satisfaisantes de circulation durant cette période.

Qu'est-ce qu'un niveau de service ?

La qualité du service offert aux usagers en période hivernale peut être graduée, en distinguant différents niveaux de service (cf. notre encadré en fin de fiche). Ces niveaux de service servent **d'objectifs pour organiser et réaliser les interventions sur le réseau.**

La graduation du service offert est fonction de différents éléments :

- **continuité du service dans le temps,** ou bien, au contraire, possibilité de l'interrompre (par exemple, la nuit dans une plage horaire bien définie, ou durant les week-ends et jours fériés) ;
- **délais d'interventions** après que l'apparition de difficultés de circulation (neige ou verglas) eut été constatée ;
- **utilisation ou non de traitements préventifs du verglas,** dès lors que son apparition est jugée probable, compte tenu des prévisions de la Météorologie Nationale et de la connaissance des sites.

Ainsi définis, les niveaux de service sont **des objectifs** pour les responsables de la réalisation du Service Hivernal, et **non des obligations de résultats.** A noter, en effet, que des interruptions de circulation sont toujours possibles, dans le cas d'intempéries importantes, ou lorsque la circulation des matériels d'intervention est perturbée (accidents, poids lourds en difficulté...).

L'information routière participe également à la qualité du service offert, en fournissant à l'usager des éléments sur les décalages observés entre les objectifs affichés et la situation réelle.

La graduation du niveau de service

Cette graduation constitue un nécessaire **équilibre entre les objectifs et les moyens.**

On peut estimer que l'usager souhaiterait sans doute trouver le meilleur niveau de service par tout temps et sur tous les réseaux. Quoi

Page laissée blanche intentionnellement

de plus normal ! Mais, dans la mesure où chacun de ces niveaux a **un coût et que ce coût est rapidement croissant** lorsque le niveau de service augmente, il n'est pas possible d'assurer le **meilleur niveau en permanence sur tous les réseaux.**

Le niveau de service offert doit ainsi être modulé en fonction de l'importance des liaisons (intérêt économique de l'itinéraire, et plus généralement fonction de la liaison dans le réseau.

La graduation impose à l'usager une modulation de son comportement (style de conduite, vigilance...) et de ses équipements pour s'adapter aux conditions de circulation rencontrées sur l'itinéraire emprunté, qui doit être clairement perçu pour ce qu'il est.

L'affectation sur un réseau, c'est-à-dire le **choix de niveaux adaptés sur chacun des itinéraires qui composent le réseau,** est une opération délicate car elle doit assurer la **cohérence d'ensemble des réseaux** et préserver **l'homogénéité** des **itinéraires**, pour éviter toutes sources éventuelles d'insécurité.

Les niveaux de service

Le nombre des niveaux de service a été ramené de cinq à trois. Si les objectifs de ces trois niveaux sont sensiblement les mêmes, les différences proviennent essentiellement d'une graduation dans la rapidité d'intervention :

- ***Le niveau S1*** *se fixe pour objectif de maintenir des conditions de circulation acceptables dans les meilleurs délais (service continu et prioritaire).*
- ***Le niveau S2*** *vise à maintenir des conditions de circulation acceptables pour une heure définie de la journée ou pendant une période prédéfinie (service non permanent).*
- ***Le niveau S3*** *tend à rétablir des conditions de service acceptables dès que possible (aucune contrainte de délais).*

Extrait du dossier de presse
« c'est ouvert »
du 24 novembre 1988

Page laissée blanche intentionnellement

LECTURE DES PANNEAUX « VERGLAS »

Si une bonne mise en conformité de la signalisation a été réalisée, on aura intérêt à assurer une sensibilisation de l'usager sur la signification exacte de ces panneaux.

— Le triangle bordé de rouge : danger,
— la voiture qui zigzague indique : chaussée glissante.

Le panonceau sous le panneau indique le risque correspondant :

« **Verglas fréquent** »

Vous êtes sur une route peu surveillée, traitée non prioritairement, dans une zone reconnue où apparaît fréquemment le verglas. Ralentir et être sur ses gardes dès que les conditions météo sont limites de jour comme de nuit.

« **Risque de verglas** » (fond orange)

Vous êtes sur une route peu surveillée en général non traitée la nuit, dans une zone à risque élevé.

Ralentir et être sur ses gardes surtout la nuit et le matin tôt en période difficile.

« **Verglas** » (fond orange)

Vous êtes sur une route surveillée et traitée régulièrement.

Ce panneau ouvert, souvent accompagné d'un feu orange clignotant vous annonce une **présence effective** de verglas ou de glace même en cours de traitement.

Redoubler d'attention et de prudence.

Conseil général

Même si souvent vous ne remarquez rien, même si vous avez l'impression que ces panneaux sont là par devoir, ne relâchez pas votre attention !

Un panneau verglas n'est jamais posé par hasard.

Dès les premiers froids soyez sur le qui-vive !

Page laissée blanche intentionnellement

COMMENT RÉAGIR SUR ROUTE HIVERNALE ?

Le véhicule à l'arrêt

— Ne pas serrer le frein à main.

— Huiler les serrures.

— Enduire de vaseline les caoutchoucs des portières.

— Protéger le pare-brise (plastique, papier) et décoller les essuie-glace.

— Antigel radiateur et lave-glace.

— Garer la voiture en pensant à faciliter le départ, même après une grosse chute de neige ; attention aux chutes de neige des toits.

Démarrage sur sol glissant

Eviter le patinage :
— mettre les roues dans l'axe de la voiture,
— embrayer doucement sans trop accélérer,
— si possible, partir en pente douce ou à plat (y penser avant de s'arrêter),
— chercher l'adhérence sur les bas côtés.

En cas de blocage en rampe :
— des éléments aggripants sous les roues (sacs de toile, branchage...) permettent de repartir ;
— un patinage des roues motrices en braquant à fond permet un demi-tour sur une petite surface.

Tenue en cap

Sur sol glissant, une voiture a une tenue en cap dégradée due aux différences d'adhérence et au manque de planéité.

Il ne faut pas chercher à corriger ces petites variations en agissant sur le volant, ceci aurait pour effet une amplification des mouvements.

Laisser la voiture se guider seule.

Trajectoire en virage

— Ralentir suffisamment **avant** la courbe ; freiner légèrement ; rétrograder (pas trop pour éviter le patinage).

Page laissée blanche intentionnellement

— Elargir la trajectoire en utilisant toute la voie disponible à l'entrée de la courbe.

— Tourner le volant avant le début de la courbe (voiture encore en décélération → roues directrices en appui).

— Accélérer progressivement.

— Retarder au maximum le point de corde.

— Desserrer le virage en accélérant plus franchement.

— Remettre les roues directrices dans l'axe le plus tôt possible.

Que faire en cas de dérapage (survirage)

Première remarque

Une bonne trajectoire retarde un dérapage ; une vitesse adaptée aussi.

Deuxième remarque

L'art du dérapage contrôlée nécessite des **réflexes** anti-naturels qui doivent être **conditionnés** donc acquis en profondeur et entraînés régulièrement. Ne nous prenons pas pour des pilotes de rallyes.

Vous pouvez :

— **Eviter** de bloquer les freins ; ceci vous permettra de conserver un petit peu de directivité.

— **Débrayer** pour limiter les forces qui agissent sur le véhicule.

— **Contrebraquer** rapidement mais souplement dans le sens inverse de là où veut vous conduire l'arrière de la voiture.

— **Regarder** toujours là où vous voulez vous diriger.

Freinage d'urgence

— A éviter en anticipant les difficultés (regard portant plus long, interdistance entre véhicules augmentée).

— Si nécessaire **éviter un blocage prolongé** (l'aiguille du compteur de vitesse tombe brutalement à zéro).

Pour cela :

— Débrayez à fond, jambe gauche en appui tendu.

— Freinez très légèrement du pied droit (les freins actuels sont très puissants).

— Au moindre blocage, relâchez légèrement.

— **N'augmentez pas la pression** même si « vous trouvez le temps long ».

Vous conserverez votre trajectoire et votre distance d'arrêt sera de **toute** façon plus courte.

Page laissée blanche intentionnellement

QUELQUES CONSEILS SUR LES ÉQUIPEMENTS

Les équipements hivernaux des pneumatiques véhicules apportent une aide certaine à la conduite hivernale.

Sans rentrer dans les détails ces quelques règles pourront être exploitées pour sensibiliser le public.

— Les pneus d'hiver sans clous (thermogomme, lamellisé, contact...) apporte une amélioration par rapport aux pneus d'été. Cette amélioration est surtout sensible pour des pneus moyennement usagés.

— Leurs performances diminuent très nettement et souvent brutalement avec l'usure. Elles s'améliorent nettement à basse température.

— Seuls les pneus à crampons (en bon état) sont performants sur glace vive et épaisse. **Il faut signaler qu'il n'est pas question d'en interdire l'utilisation**.

— Il convient de préciser qu'il est préférable d'équiper les véhicules de 4 roues de façon à assurer une homogénéité du comportement.

Page laissée blanche intentionnellement

OPÉRATION "VERGLAS MODE D'EMPLOI"
DOSSIER PÉDAGOGIQUE

L'opération "VERGLAS MODE D'EMPLOI" vise à améliorer la lutte contre le verglas routier par une meilleure compréhension des phénomènes, une méthode d'analyse des difficultés et des idées d'amélioration tant au niveau du réseau routier et de son exploitation hivernale que vers les usagers de la route.

Ce document regroupe tous les éléments visuels et écrits nécessaires aux animateurs de l'action (sensibilisation, formation, études, actions médiatiques...) vers les divers groupes cibles envisageables.

OPERATION "BLACK ICE : A USER'S MANUAL"
PEDAGOGICAL DOSSIER

The operation "BLACK ICE : A USER'S MANUAL" aims to improve the fight against black ice by means of a better understanding of the phenomena, of a method for problem analysis and through ideas of improvement, both within road winter operations and towards the road users.

This document gathers the visual and written elements required by those involved in the operation (introduction to the problem, training, studies, actions towards the press...) for the benefit of different target groups that may be considered.

Prix de vente : 250 F

Ce document est disponible sous la référence : **E 8945**
au bureau de Vente des Publications du SETRA - Tél. (1) 42.31.31.53
46, avenue Aristide-Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cédex - FRANCE - Télécopie : (1) 42.31.31.69 - Télex : 260 763 F
Référence thématique au catalogue des publications du SETRA

Ce document est propriété de l'Administration, il ne pourra être utilisé ou reproduit, même partiellement sans l'autorisation du SETRA

© 1989 SETRA - Dépôt légal : Septembre 1989 - N ISBN 2 - 11 - 085661 0