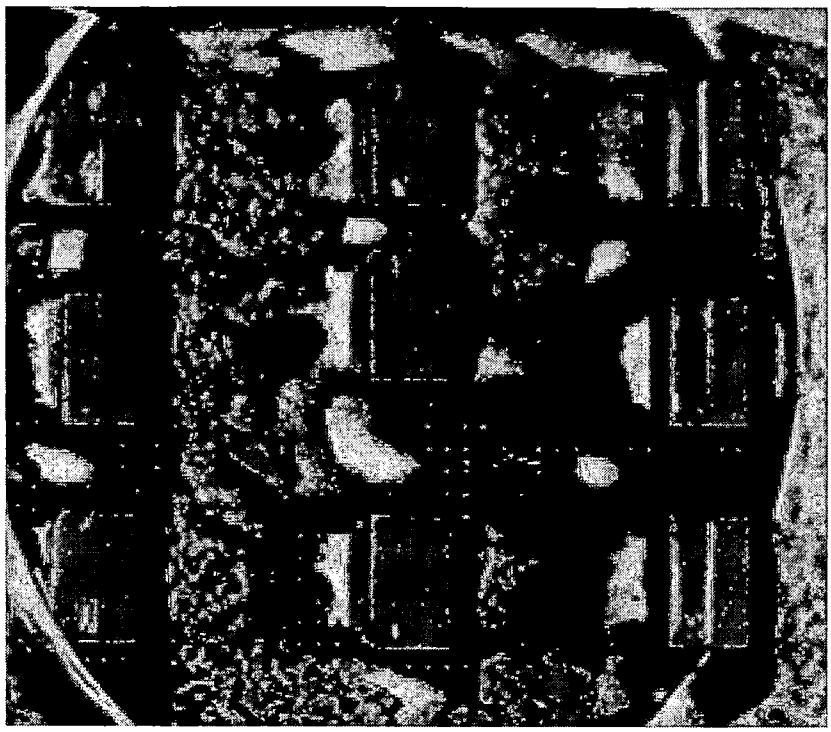
OPTIMISATION MICROCLIMATIQUE
de la banlieue nordique en fonction du *vent*

Société canadienne d'hypothèques et de logement



Rapport final réalisé par:

André Potvin, MArch PhD OAQ
DEMERS POTVIN inc.
Ambiances physiques

En collaboration avec:

Carole Després
Centre de recherche en aménagement et développement
Faculté d'architecture et d'aménagement
Université Laval

Mai 1998

Ce projet a été réalisé grâce à une contribution financière de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, dans le cadre du Programme de subventions de recherche. Les idées exprimées sont celles de l'auteur et ne représentent pas le point de vue officiel de la SCHL.

Demers Potvin Inc.
ambiances physiques

énergie
lumière
vent
neige

1375, rue de Montmorency, Québec
(Québec), Canada, G 1 S 2 G 7

Téléphone: +001 (418) 682 6094
Télécopieur: +001 (418) 682 3349
Courrier électronique: apcd@mail.quebectel.com

Québec, le 18 mai 1998

Monsieur Chistopher Ives
Agent de projet
Programme de subventions de recherche
SCHL

Monsieur Ives,

C'est avec plaisir que nous vous soumettons le rapport final de la recherche intitulée *Optimisation microclimatique de la banlieue nordique en fonction du vent* ainsi qu'un extrait et un sommaire de l'étude en trois copies.

Ce fût un privilège de travailler avec vous et de contribuer à une meilleure connaissance de notre milieu physique et de son importance sur notre façon d'occuper l'espace. Veuillez donc agréer, Monsieur Ives, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

André Potvin, MArch PhD MOAQ

À moins d'avis contraire, tous les textes et illustrations de ce document ont été produits par le chercheur principal. D'autre part, les opinions émises dans ce rapport ne sont pas nécessairement partagées par la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Résumé

Cette recherche propose d'analyser le comportement du vent dans les espaces extérieurs d'une banlieue existante type en vue d'identifier et de modifier les zones critiques d'inconfort par l'intervention architecturale et/ou paysagiste à l'échelle de la parcelle et de l'espace public. L'observation et l'interprétation de l'accumulation nivale simulée à l'aide d'un canal hydraulique devient un intégrateur global permettant de synthétiser visuellement le comportement complexe du vent. Les résultats présentés sous forme de tableaux et graphiques comparatifs constituent un outil de conception s'adressant aux architectes et autres concepteurs pour le réaménagement et/ou la densification des banlieues existantes. Ils incorporent in indice de performance qui intègre les aspects paradoxaux liés au vent soit le besoin de protection dans les espaces extérieurs de détente périphérique à l'habitat et le besoin de déblaiement naturel des accumulations nivales dans les espaces de circulation. Les solutions aérodynamiques répondent plus particulièrement au comportement du vent dans la région de la ville de Québec mais dû à l'uniformité structurelle de la banlieue indépendamment des disparités régionales, les résultats demeurent généralisables pour l'ensemble des banlieues canadiennes.

Executive Summary

This research proposes to analyze wind behaviour in the outdoor areas of a typical existing suburb in view of identifying and modifying the critical discomfort zones through architectural and landscaping interventions at the parcel and public area level. The observation and interpretation of snow accumulation simulated using a hydraulic tunnel becomes a global integrator allowing for a visual synthesis of the complex behaviour of the wind. The results, presented in the form of comparative graphs and tables, provide a design tool for architects and other designers in the redevelopment or intensification of existing suburbs. These results incorporate a performance index that integrates the paradoxical aspects linked to the wind, that is, the need for protection in the outdoor rest areas surrounding the residences and the need for natural clearing of snow accumulations in traffic areas. The aerodynamic solutions more specifically respond to the behaviour of the wind in the area of the city of Québec but, given the structural uniformity of suburbs regardless of any regional disparities, the results can still be generalized to all Canadian suburbs.

CMHC SCHL

Helping to house Canadians

Question habitation, comptez sur nous

National Office

700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Bureau national

700 chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Since a limited demand for this research document has been anticipated, only the executive summary of its contents has been translated.

If there is a significant demand for this report CMHC will proceed with translation.

By completing and returning this form you will help us to determine if there is a significant demand for this report in English. Mail the completed form to:

The Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
C1-200
700 Montreal Road
Ottawa ON K1A 0P7

REPORT TITLE: _____

_____

I would prefer to have this report made available in English.

NAME _____

ADDRESS _____
Street Apt.

_____
City Province Postal Code

TELEPHONE ( ) _____

TEL: (613) 748-2000
Canada Mortgage and Housing Corporation Société canadienne d'hypothèques et de logement

Canada

Table des matières

Remerciements i
Résumé ii
Table des matières iii
Table des illustrations.....
-Figures .....
-Tableaux .....
-Graphiques .....
-Équations .....

1. Problématique 1

1.1 Introduction 1
1.1.1 Le confort dans les espaces extérieurs 1
1.1.2 Le comportement du vent 1
1.1.3 La formation des congères 1
1.2 Cadre théorique de la recherche 2
1.3 Cadre physique de la recherche 2
1.4 Le climat 4
1.4.1 Normales climatiques pour Québec 4
1.4.2 Vents dominants 6
1.5 Critères de confort 8
1.5.1 Protection contre le vent 8
1.5.2 Degré d'exposition solaire 11

2. Méthodologie 12

2.1 Simulation du vent 12
2.1.1 Le canal hydraulique 13

2.2 Calibrage du canal 14
2.2.1 Échelle de la maquette 14
2.2.2 Vitesses d'écoulement du canal 15
2.2.2.1 Érosion des sables fins dans l'eau 15
2.2.2.2 Érosion de la neige dans l'air 15
2.2.2.3 Correspondance milieu réel versus milieu hydrodynamique 16
2.2.3 Débit du canal 16

2.3 Conditions de similitude 17
2.3.1 Gradients verticaux de vitesse 17
2.3.1.1 Vitesse moyenne et turbulence 17
2.3.1.2 Calcul des gradients 18
2.3.1.3 Méthode de mesure 19
2.3.1.4 Calibrage vertical et horizontal 20
2.3.2 Couche limite "boundary layer" 21
2.3.3 Nombre de Reynolds 21
2.3.4 Nombre de Froude 21
2.3.5 Échelle géométrique des particules 22
2.3.6 Coefficient de restitution 22

2.4 Technique d'érosion des sables fins dans l'eau 23
2.4.1 La théorie des lignes de courant 23
2.4.2 Technique des patterns d'érosion 23
2.4.2.1 Érosion versus accumulation 24
2.4.2.2 Durée de la simulation 24

2.5 Dispositif expérimental 24
2.5.1 La section de travail 24
2.5.2 La maquette 25

2.6 Définition des variables 26
2.6.1 Direction des vents 26
2.6.2 Densification du bâti 27
2.6.3 Ajout de barrières brise-vent 27
2.6.4 Ajout de brise-vent végétaux 28

2.7 Prise et traitement des données 30
2.8.1 Relevé photographique digital 30
2.8.2 Traitement de l'image digitale 30

2.8 Feuille des résultats 30

2.9 Les critères d'analyse 31
2.9.1 Le tabulateur EXCEL 31

3. Analyse des résultats 34

3.1 Analyse individuelle 34
3.1.1 Densification du bâti 37
3.1.1.1 1Aa / 1Ab (1 étage) 37
3.1.1.2 2A (2 étages) 38
3.1.1.3 1R (en rangée) 39
3.1.1.4 1V (avec abri de voiture) 40
3.1.1.5 1Xa/2Xa (addition 1 ou 2 étages alignés) 41
3.1.1.6 1Xb/2Xb (addition 1 ou 2 étages non-alignés) 42
3.1.1.7 1Za (addition 1 étage 6m X16m alignée) 44
3.1.1.8 1Zb (addition 1 étage 6m X16m non-alignée) 45
3.1.1.9 Classification -Densification du bâti 47

3.1.2 Ajout de barrières brise-vent 49
3.1.2.1 BV0 / BV40 / BV80 49
3.1.2.2 Classification -Ajout de barrières brise-vent 51

3.1.3 Ajout de brise-vent végétaux 52
3.1.3.1 H3 52
3.1.3.2 H6 53
3.1.3.3 H9 54
3.1.3.4 3Far / 3Far+H3 / 3Fav 55
3.1.3.5 Classification -Ajout de brise-vent végétaux 56

3.1.4 Conclusions -Analyse individuelle 58
3.1.4.1 F2 58
3.1.4.2 L2 59
3.1.4.3 D3 60

3.2 Combinaison des résultats 61
3.2.1 Méthodologie 61
3.2.1.1 Le cadran des expositions éoliennes 61
3.2.1.2 Addition des patterns d'érosion 61

3.2.2 Exemples de combinaisons 62
3.2.2.1 1Aa-OSO 63
3.2.2.2 1Xb-OSO 64
3.2.2.3 1Xb+H6/60ar-OSO 65

3.2.3 Conclusions -Combinaisons 66

4. Conclusions **67**

4.1 Commentaires généraux 67
4.2 Recommandations 67
4.3 Limites de la technique expérimentale 68
4.4 Recherches futures 69

Bibliographie **70**

Annexes **78**

A. Données éoliennes pour Québec 78
B. Coefficient de Rehbock 79
C. Calibrage du moulinet A 80
D. Calibrage des gradients 81
E. Feuilles des résultats 82

1. Problématique

1.1 Introduction

Dans un pays de vent et de neige, comment l'architecture peut-elle définir l'identification de l'homme à la nature? Norbert-Schultz (1981, p.21), dans son traité d'architecture "Genius Loci" fait appel au phénomène de mémoire collective pour exprimer le besoin de la société de s'identifier à son climat. Plus la forme d'expression entre l'homme et son environnement est grande, plus le paysage devient signifiant et plus grande devient la possibilité d'interprétation symbolique et poétique de ce paysage. Le climat est une source d'inspiration pour nous faire redécouvrir le sens du lieu et créer des solutions originales et fonctionnelles stimulant les sens. (Pressman, 1988, p.20) Même si l'architecture traditionnelle offre de nombreux exemples d'espaces extérieurs accommodant les saisons chaudes et froides, la conception d'espaces extérieurs microclimatiques demeurent aujourd'hui le défi majeur des concepteurs. (Arens, 1977, p.82) Selon Arnheim (1986, p, 96) et Ashihara (1970, p.11), aucun problème spatial n'est aussi crucial dans le travail d'un architecte que la nécessité d'établir une relation entre l'intérieur et l'extérieur. Sous nos latitudes nordiques, la combinaison de plusieurs facteurs naturels tels le vent et les basses températures annuelles limite la période d'occupation des espaces extérieurs. De plus, l'aménagement du milieu bâti exacerbe plus souvent qu'il ne contrôle ces éléments. Le peu de connaissances actuelles sur l'impact de l'aménagement sur les microclimats locaux justifie à lui seul la présente recherche.

1.1.1 Le confort dans les espaces extérieurs

Aux périodes de transitions saisonnières, le vent est l'un des facteurs déterminants dans la notion de confort thermique et dynamique. (Davenport, 1975, p. 1) Ses hautes vélocités augmentent considérablement le taux de refroidissement éolien malgré des températures et un degré d'ensoleillement acceptables. Cet inconfort favorise l'abandon prématuré des activités extérieures et affecte la santé physiologique et psychologique des individus par l'allongement de la saison d'isolement hivernale (Persinger, 1988, p. 3) (Goldstein, 1972, p.786). De nombreuses études (Culjat, 1975, p.76) et (Nash, 1983, p.29) démontrent que le taux d'activité dans les espaces extérieurs augmente proportionnellement au niveau de confort. Dans les ensembles résidentiels, les cours, véritables prolongements de l'espace intérieur procurent un moyen unique de vaincre la façade et de communiquer avec l'espace extérieur. (Krier, 1983, p.52) Ces espaces bien délimités doivent cependant posséder certaines qualités spatiales et physiques pour être occupables. (Antipas, 1982, p.80) (Voir section 1.5 Critères de confort).

1.1.2 Le comportement du vent

Les écoulements du vent autour des ensembles construits résultent de l'intéraction complexe entre le vent et les masses construites. Le bâti module l'écoulement du vent par la forme, la dimension et la juxtaposition en fixant des zones de pression différente autour des obstacles. La liaison de ces zones de pressions différentes induit des zones de survitesse et de tourbillons distribuées en périphérie de l'obstacle à partir du point de stagnation (Aynsley, Melbourne et Vickery, 1977, p.151). L'aménagement d'un site génère des obstacles au vent qui modifient son écoulement naturel et risquent de surexposer les usagers de ces espaces.

1.1.3 La formation des congères

Les congères se produisent quand la neige en suspension dans l'air ou déjà accumulée est transportée par le vent et se dépose dans des régions d'intensité de vent réduite. Les obstructions au vent tels bâtiments, changement de niveaux, clôture ou tout obstacle végétal causent une interruption de l'écoulement laminaire du vent et forment des zones de vitesse réduite devant et derrière l'obstacle. (Mellor, 1965, p.30) Les phénomènes vent et neige sont indissociables. Si la solution aérodynamique à un bâtiment satisfait aux exigences structurales et énergétiques de la forme, elle favorise l'écoulement laminaire du vent et nie du même coup l'importance de la réduction du vent dans
la recherche du confort. D'un autre côté, l'obstacle non-aérodynamique réduit de façon notable la vitesse du vent mais suppose une accumulation nivale importante du côté sous le vent de l'obstacle; les zones d'accumulation correspondant alors aux zones de réduction de la vitesse du vent.

Tenant compte de ce comportement paradoxal du vent et de la neige, l'interprétation de l'accumulation nivale ou tout autre dépôt peut guider le concepteur dans la création d'un microclimat éolien extérieur confortable. L'étude propose d'analyser le comportement du vent autour d'un bâtiment résidentiel type par simulation du phénomène vent/neige en vue d'identifier et de modifier les zones critiques d'inconfort par des interventions architecturales et/ou paysagistes ponctuelles à l'échelle du lot.

1.2 Cadre théorique de la recherche

La recherche porte essentiellement sur l'étude du comportement du vent en milieu suburbain à l'échelle de l'espace de la parcelle et de la rue. Plus du tiers de la population urbaine québécoise, voir canadienne, est maintenant établie en périphérie des grands centres dans des unités de voisinage constitués de pavillons de banlieue.

Ces banlieues uniformes, construites principalement ente 1955 et 1970, ont maintenant atteint l'âge de la réfection de leurs infrastructures. Cette période de réfection présente l'opportunité de modifier non seulement le caractère des rues locales mais aussi le niveau de confort des résidants. La réduction de la largeur excessive des rues, voire même de leur emprise, offre des possibilités pour la restructuration du tissu urbain et la modification de l'architecture des bungalows mais aussi pour la constitution d'un meilleur microclimat. Bien que le climat change considérablement en fonction de la région, l'uniformité structurelle de la banlieue permet la généralisation de certaines lignes environnementales directrices au niveau de sa densité et de son organisation. Compte tenu des tendances socio-démographiques actuelles et de la popularité de la banlieue comme milieu de vie, le présent projet possède un champ d'application qui s'étend bien au-delà de la région étudiée dans ce projet. Ce projet vise donc à identifier les anomalies éoliennes d'une banlieue type et à proposer des mesures correctives allant de la simple plantation ou barrière brise-vent à la densification du construit pour optimiser le microclimat à l'échelle de la rue et de la parcelle. Les objectifs sont les suivants:

a) démontrer l'impact du vent sur le confort thermique et dynamique des individus,

b) identifier les anomalies éoliennes communes aux banlieues existantes à l'échelle de la rue et de la parcelle,

c) proposer des mesures correctives des anomalies éoliennes, et

d) formuler des critères de design liés au contrôle du vent pour le réaménagement et la densification de banlieues existantes.

La recherche envisagée est de type paramétrique expérimentale. Elle propose de décrire les variations d'un ou plusieurs paramètres physiques d'un élément de bâtiment et d'évaluer la performance forme/niveau de confort à l'aide d'un appareil simple de simulation du vent. Ce type de recherche permet d'exhiber l'influence et la relation de paramètres intervenant directement sur la qualification du confort. Elle implique cependant que la situation soit isolée, simplifiée et dépouillée de tout contexte pratique. (Gandemer, 1976, p.43) La recherche s'apparente aux travaux de Evans (1972) visant à définir les zones de protection autour de bâtiments types sauf qu'elle se limite à des espaces aériens de dimensions restreintes.

1.3 Cadre physique de la recherche

La banlieue existante ne suscite que peu d'intérêt de la part des professionnels de l'aménagement. En fait, il existe très peu de recherches au Canada ou aux États-Unis portant spécifiquement sur la transformation des banlieues. (Moudon, 1986 dans Després, 1997). Pourtant, dans une récente analyse économique visant à déterminer les types d'habitats des canadiens, Miron (1995) indique que plus de 2,3 millions de résidences sont situées dans des

unités de voisinage composées uniquement de maisons unifamiliales isolées construites entre 1946 et 1970. Si l'on ajoute à cela plus de 3 millions de logements localisés dans des voisinages hétérogènes mais dont la dominante correspond à des maisons de type bungalow, Després (1997) suggère que près de 20% de la population canadienne habite des maisons isolées en milieu à très faible densité..

Després soutient, dans le même ouvrage, que les infrastructure des banlieues des années '60 atteindront bientôt l'âge de la réfection, leur durée de vie moyenne étant d'environ 40 à 50 ans. Elle invite les aménageurs à profiter de cette période pour redéfinir le caractère des rues locales afin de favoriser la marche et les activités de voisinage.

Les agglomérations s'accroissent des deux manières: par restructuration des tissus urbains existants (densification sans augmentation de superficie urbanisée) ou par la création de nouveaux tissus urbains (expansion physique du territoire de la ville). La transformation des maisons unifamiliales en logements multiples s'inscrit comme un phénomène typique dans le processus de densification. Cette transformation se réalise soit par agrandissement sur les aires de dégagement attenantes, soit par surhaussement, ou encore par fusion d'unités voisines dans le cas de maisons mitoyennes. La maison unifamiliale est aussi souvent subdivisées en logements plus petits. Ce dernier scénario n'entraîne cependant pas de transformation du milieu construit, principal aspect pouvant modifier les microclimats.

> *"Dans une perspective de développement durable et de préservation des ressources, l'ajout d'un deuxième logement pourrait aussi être un outil pour attirer une clientèle neuve à s'établir (dans les banlieues existantes) plutôt que dans les banlieues nouvelles du plus en plus éloignées des centres urbains. En effet, il faut aussi voir dans cette avenue l'opportunité de transformer des banlieues résidentielles homogènes en véritables unités de voisinage en les densifiant, en y intégrant des noyaux de service et des parc de secteur et, par ricochet, de redonner un deuxième souffle à ces développements, redonnant leur image auprès d'un consommateur de plus en plus exigeant." Després (1997, p.4)*

Le corpus de l'étude est basé sur une étude de Després et al. (1997) sur la transformation du parc résidentiel de Charlesbourg-centre, une banlieue type de la région de Québec. Cette étude consistait à développer des directives de design pour la transformation et/ou l'agrandissement de bungalow existants. Le choix de Charlesbourg-centre s'explique par la présence d'une très forte concentration de bungalows construits principalement entre 1950 et 1969, période durant laquelle le type bungalow a été promu de façon unilatérale dans la région métropolitaine de Québec. Deux échantillons ont été étudiés: un premier échantillon de 891 maisons dans six secteurs différents a été recensé sur pellicule vidéo pour une étude comparative de leur volumétrie tandis que pour le second échantillon de 180 maisons, des données quantitatives de dimensions et de lotissement étaient disponibles.

La rue

Des 891 bungalows du premier échantillon, 70% sont situés sur des rues locales de 10m de pavage. A cette largeur s'ajoute des bandes latérales de 2,5m à 3m définissant l'emprise des rues. 75% des bungalows sont situés sur des rues sans trottoir. Les rues locales types possède une marge de recul avant de 6m.

La parcelle

Parmi les 180 bungalows pour lesquels Després et al. avaient accès aux plans de localisation, et en excluant les parcelles trapézoïdales, les auteurs ont remarqués que 70% des parcelles ont une profondeur de 27,5m ou 30,5m. La largeur est cependant beaucoup plus variable bien que 66% de l'échantillon mesure entre 18,3m et 21,3m (Després et al. 1997). L'aire de stationnement est située latéralement, du côté de la plus grande marge de recul qui varie entre 3,7m et 6,8m.

Le bungalow
L'analyse de la bande vidéo des 891 bungalows a permis de conclure que plus de la moitié (55%) de l'échantillon appartient à une catégorie de bungalow formés d'un seul prisme rectangulaire couvert par un toit à deux pentes inclinées à 30 degrés avec la faîtière parallèle à la rue. De ce 55%, près de la moitié comporte un abri d'auto intégré.
Les dimensions du bungalow sont peu variables. 85% de l'échantillon de 180 maisons possède une largeur variant entre 7,6m et 8,5m tandis que 75% ont une largeur de façade variant entre 11,3m et 13,1m.

De ces analyses, une rue, une parcelle et un bâtiment type ont été déterminés pour les besoins de simulation de la présente étude sur le comportement du vent. La figure 1.1 illustre cette configuration de base.

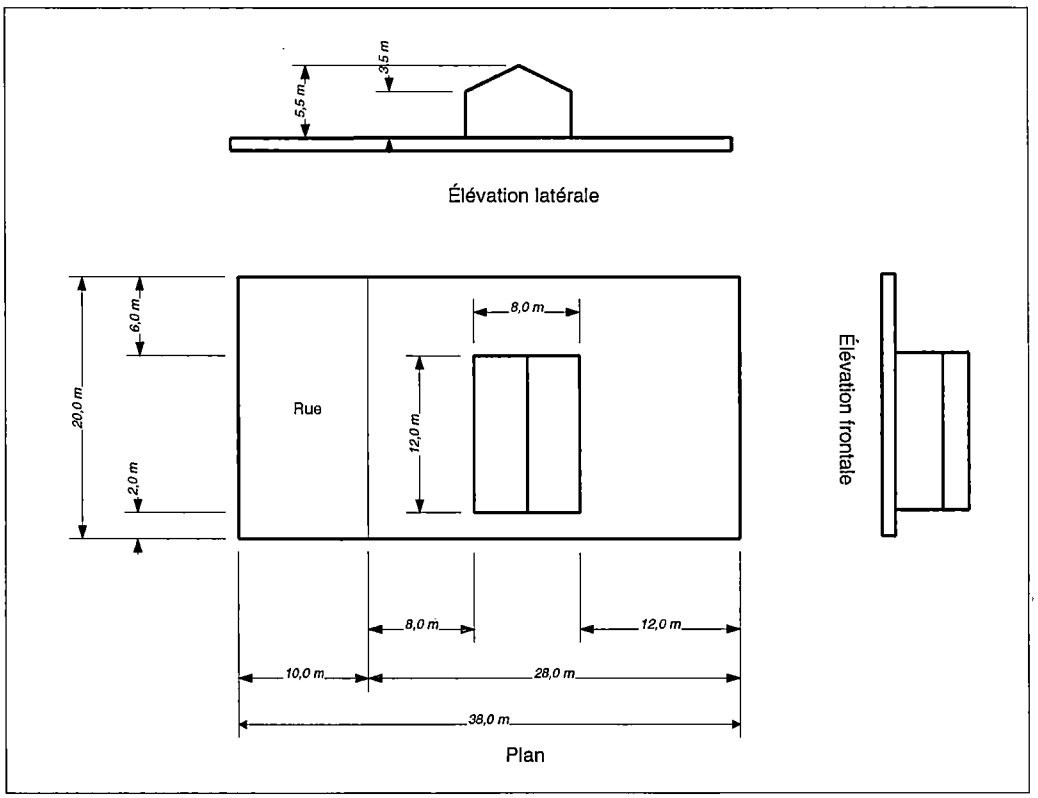


Figure 1.1 Configuration de base de la parcelle et du bâtiment type

1.4 Le climat

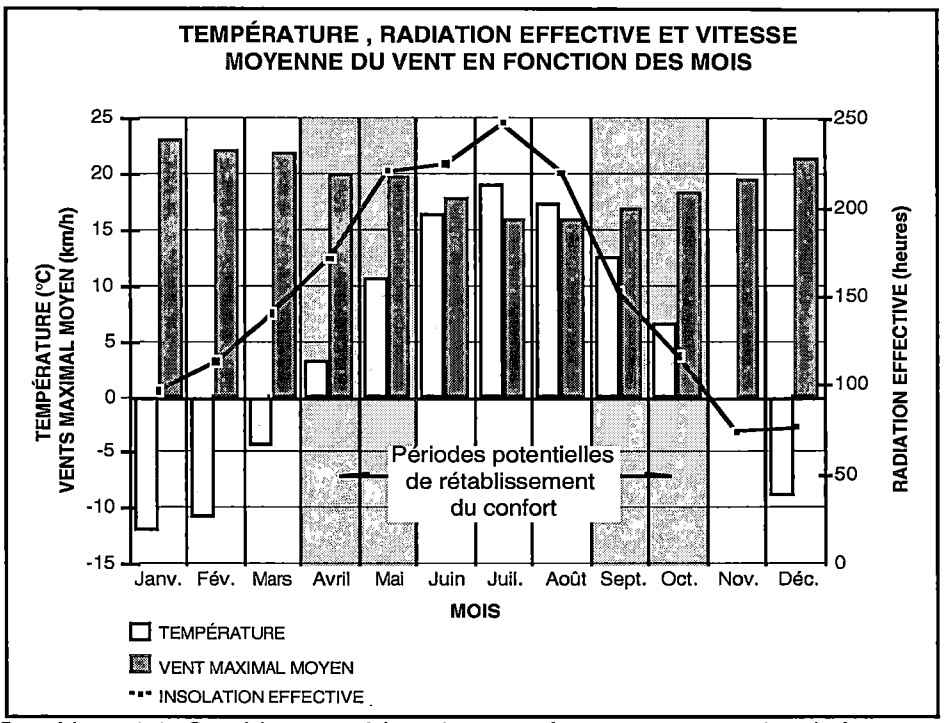
1.4.1 Normales climatiques pour Québec

Les données climatiques ont été recueillies à la station météorologique de l'aéroport de Québec correspondant aux coordonnées géographiques de latitude 46°48', longitude 71°23'O à une altitude de 73m. Le tableau 1.1 regroupe les normales climatiques moyennes incluant température, vitesse et fréquence des vents dominants (Annexe A), insolation effective et humidité relative pour les douze mois de l'année. (Environnement Canada, 1981, pp. 5, 95, 125 et 214.)

Facteur climatique	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Température (°C)	-12,1	-10,8	-4,5	3,3	10,8	16,4	19,1	17,5	12,6	6,6	-0,2	-9	4,1
Vent NE (km/h)	16,6	16,8	15,4	14,6	14,3	14,1	11,4	13,2	12,8	14,7	14,6	15,7	14,5
Vent ENE	24,1	23,9	22,5	20,4	19,0	17,5	15,3	15,6	16,9	18,9	20,3	22,3	19,7
Vent E	17,4	17,7	17,9	17,9	16,7	14,9	12,2	13,5	13,2	15,0	18,1	19,7	16,2
Fréquence (%)	21,9	25,1	31,2	35,9	33,8	25,3	16,8	18,2	22,8	25,5	29,6	26,4	26,1
Vent moyen ENE	**19,4**	**19,5**	**18,6**	**17,6**	**16,7**	**15,5**	**13,0**	**14,1**	**14,3**	**16,2**	**17,7**	**19,2**	**16,8**
Vent SO (km/h)	22,3	22,6	22,1	18,4	20,2	18,7	16,8	16,3	17,3	17,6	19,7	20,3	19,4
Vent OSO	24,0	23,7	22,5	19,9	20,3	18,4	16,7	16,9	17,9	18,8	20,1	22,7	20,2
Vent O	21,3	21,1	21,8	19,0	19,0	16,5	15,4	15,8	16,2	18,1	18,8	21,1	18,7
Fréquence (%)	49,3	45,7	33,9	28,4	30,3	37,3	42,0	41,1	36,8	37,9	38,2	43,0	38,7
Vent moyen OSO	**22,5**	**22,5**	**22,1**	**19,1**	**19,8**	**17,9**	**16,3**	**16,3**	**17,1**	**18,2**	**19,5**	**21,4**	**19,4**
Vent ONO (km/h)	21,2	19,1	21,0	19,9	19,9	18,1	16,4	15,8	16,2	17,5	18,3	19,0	18,5
Vent NO	16,3	18,4	18,7	17,5	18,3	15,4	13,6	13,4	14,3	16,8	15,2	16,9	16,2
Vent NNO	13,6	15,9	17,4	15,7	16,9	13,0	11,6	11,5	11,7	14,3	13,9	18,0	14,5
Fréquence (%)	9,2	9,6	15,8	15,0	13,8	10,9	11,6	12,2	13,4	12,7	11,3	9,5	12,0
Vent moyen ONO	**17,0**	**17,8**	**19,0**	**17,7**	**18,4**	**15,5**	**13,9**	**13,6**	**14,1**	**16,2**	**15,8**	**18,0**	**16,4**
Vent moyen (km/h)	**23,1**	**22,2**	**22,0**	**20,1**	**19,7**	**18,0**	**16,1**	**16,1**	**17,0**	**18,4**	**19,6**	**21,3**	**19,5**
Insolation effective (heures)	**96,6**	**113,4**	**140,0**	**171,8**	**219,9**	**224,2**	**247,5**	**219,0**	**153,0**	**116,3**	**74,3**	**75,7**	**1851,7**
H.R. (%) 07hoc	76	75	75	74	70	76	79	82	85	83	83	78	78
13hoc	72	69	66	58	51	57	58	61	63	64	72	74	64
19hoc	74	72	71	65	59	65	68	73	77	75	79	77	71
Moyenne	**74**	**72**	**71**	**66**	**60**	**66**	**68**	**72**	**75**	**74**	**78**	**76**	**71**

Tableau 1.1 Tableau synthèse des températures moyennes, vents, insolation effecticve et humidité relative pour la Ville de Québec.

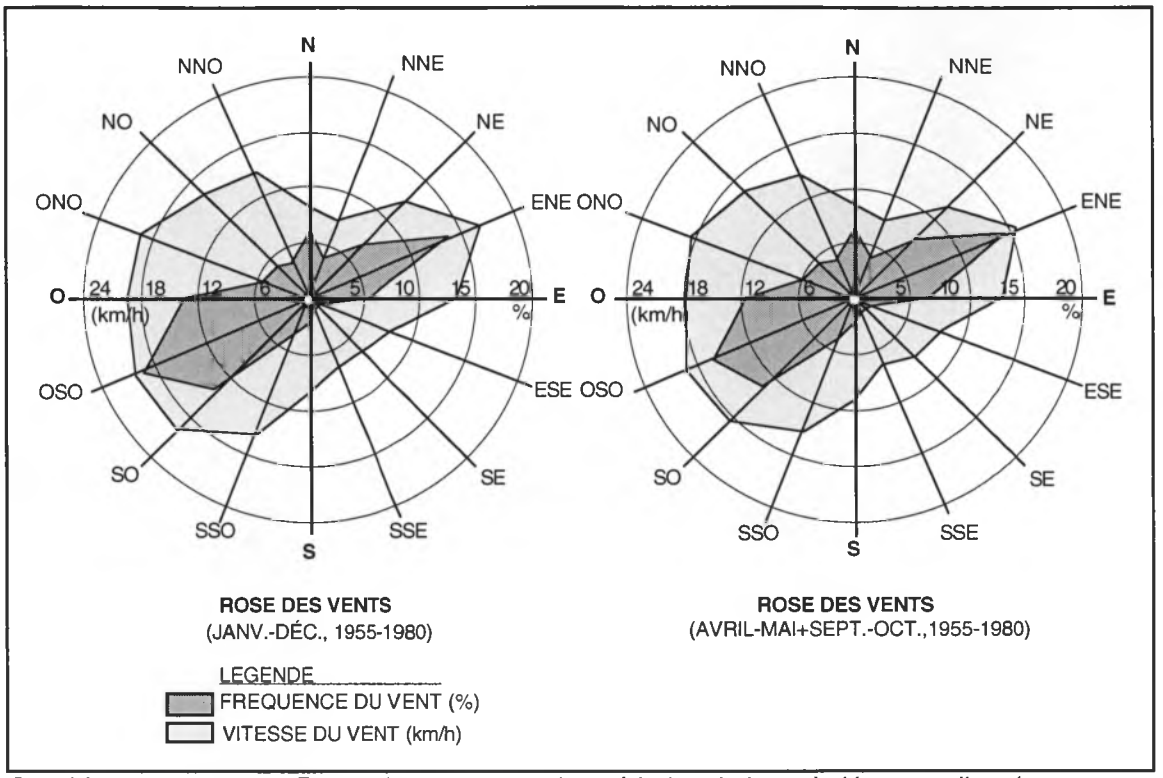
Le graphique 1.1 indique que plus la température moyenne et l'insolation effective (nombre moyen d'heures d'apparition du soleil) diminuent, plus la vitesse du vent augmente. Ce phénomène climatique est responsable en grande partie de l'inconfort associé aux entre-saisons. Les zones ombrées du tableau représentent les seuls mois de l'année pour lesquels la température moyenne est au dessus du point de congélation hormis les mois de juin, juillet et août. Elles représentent les périodes potentielles où la réduction de la vitesse du vent pourrait rétablir un certain niveau de confort. Aux mois de avril-mai, l'insolation effective est élevée mais la température est faible. Aux mois de septembre-octobre, l'insolation effective est faible mais les températures sont plus élevées.



Graphique 1.1 Graphique synthèse des températures, vents et insolation effective pour la Ville de Québec.

1.4.2 Vents dominants

Deux roses des vents (graph.1.2 et 1.3) ont été construites à partir des données horaires éoliennes 1951-1980 (Environnement Canada, 1981, p.95) (annexe A) pour l'ensemble des mois de l'année et pour la période correspondant aux mois critiques de confort. Ces graphiques indiquent une nette dominance en terme de fréquence et de vitesse des vents des secteurs ENE et OSO. La fréquence des vents du secteurs ENE (vents froids) augmente pendant les mois critiques jusqu'à dépasser celle du secteur OSO en avril et en mai. Les vents des secteurs ONO et SSO possèdent des vitesses importantes mais seuls ceux du secteur ONO sont considérés car ils sont plus fréquents et plus forts que ceux du secteur SSO. Les vents du secteur N sont fréquents mais ne possèdent pas une vitesse assez importante pour être considérés. Pour fin de simulation, les vitesses moyennes par directions seront simplifiées à une seule valeur correspondant à leur moyenne.



Graphiques 1.2 et 1.3 Roses des vents pour les périodes de janv. à déc. et avril-mai, sept.-oct. pour la Ville de Québec.

Dans la région de Québec, trois directions de vents dominants doivent être considérés: ENE, OSO et ONO à une vitesse moyenne de 18,8 km/h ou 5,2 m/s.

1.5 Critères de confort

Les facteurs généralement considérés dans la détermination du confort thermique sont (Givoni, 1978, pp.77-88):

a) température de l'air, bulle sèche,
b) humidité relative,
c) température de la peau,
d) température radiante des surfaces environnantes,
e) *vitesse du mouvement d'air,*
f) quantité et type de vêtement porté,
g) degré d'activité physique et degré d'adaptation aux conditions climatiques.

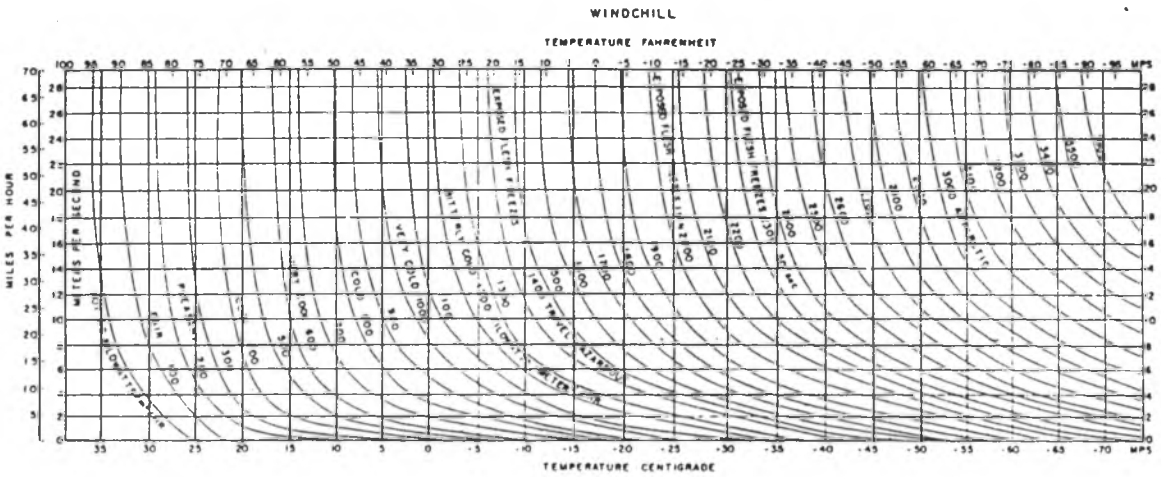
Dans les régions possédant de basses températures les effets du vent et de la température dominent largement ceux de l'humidité et de la radiation solaire (Steadman, 1971, p.674). Ainsi, la sensation de la variation de l'humidité relative augmente avec la température. Pour un climat froid, elle peut être omise du calcul du facteur de refroidissement et du calcul du degré d'habillement requis pour maintenir un confort thermique. (Auliciems et al. dans Zrudlo, 1982, p.210)

1.5.1 Protection contre le vent

La vitesse de l'air est l'un des plus importants facteurs dans la notion de confort car la quantité de chaleur retirée de la peau est directement proportionnelle à la racine carrée de la vitesse du vent et du gradient de température entre la peau et l'air (Sargent, Tromp, dans Zrudlo, 1982, p.211). Il existe deux notions de confort relatif au vent: le confort thermique et le confort dynamique. Le confort thermique est fonction de la perturbation des échanges thermiques entre le corps humains et l'environnement par convection et conduction du vent entraînant une baisse de température de l'organisme. De plus, en climat froid, le concepteur doit tenir compte de l'indice de refroidissement éolien "windchill factor". Le confort dynamique est fonction de la difficulté de mouvement induite par la sollicitation mécanique de l'obstacle humain par la force du vent. (Gandemer, 1976, p.29) Cette notion de confort dynamique ne s'applique pas à la présente étude car les usagers sont considérés en position assise et au repos.

Sater et al. (1971), Davenport (1972) et Penwarden (1973) proposent trois méthodes différentes pour mesurer le confort par rapport au vent.

Sater et al. (1971) dans Zrudlo (1986, p. 55) ont déterminé l'indice de refroidissement éolien "windchill factor" en fonction de la température et de la vitesse du vent. (graph. 1.4) Chaque indice (90 à 3600 $KW/m^2/h$) est aussi qualifié en fonction de la sensation thermique éprouvée sur la surface de la peau. Comme cet indice ne tient pas compte du degré d'habillement et que la période étudiée se situe aux entre-saisons, l'indice 400 "cool" représente la condition de confort à obtenir. Les pourcentages de réduction du vent pour chacun des mois de l'année apparaissent dans le tableau 3, p. 13.



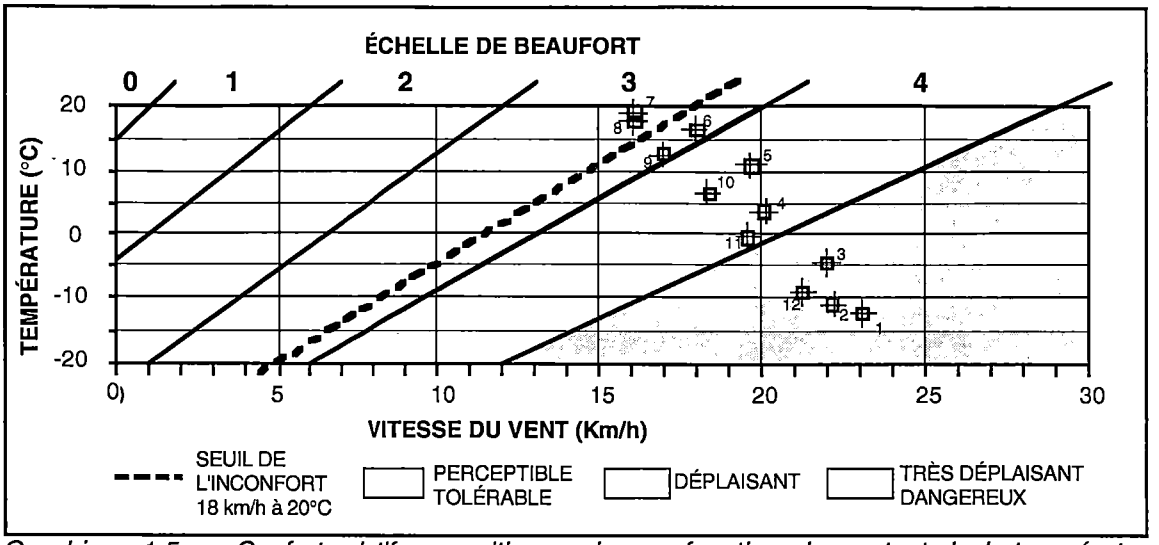
Graphique 1.4 Indice de refroidissement éolien selon Sater (1971)

Davenport (1972, p.8-4 à 8-6) propose de déterminer le confort relatif en qualifiant le vent de perceptible, tolérable, déplaisant ou dangereux pour différentes activités extérieures. (tab. 1.2) Ce tableau est valide pour une température de 20°C et l'auteur indique que le nombre Beaufort (échelle de vitesse du vent) doit être réduit de 1 unité pour chaque tranche de diminution de température de 20°C.

CONFORT RELATIF À 20°C													
		PERCEPTIBLE			TOLÉRABLE			DÉPLAISANT			DANGEREUX		
ACTIVITÉ	ESPACE	Beaufort	%	Vitesse (km/h)	Beaufort	%	Vitesse (km/h)	Beaufort	%	Vitesse (km/h)	Beaufort	%	Vitesse (km/h)
Marche rapide	Trottoirs	5		27	6	43	35	7	50	45	8	53	55
Promenade	Parc	4		19	5	23	27	6	34	35	8	53	55
Assis (courte période)	Parc Place	3		13	4	6	19	5	15	27	8	53	55
Assis (longue période)	Terrasse	2		6	3	0-1	13	4	3	19	8	53	55
Fréquence acceptable		Aucune limite			1 fois/semaine			1 fois/mois			1 fois/année		

Tableau 1.2 Confort relatif en fonction du vent selon Davenport (1972)

Le graphique 1.5 illustre les zones de confort extrapolées à partir des tables de Davenport en fonction de la température et de la vitesse du vent. Comme la sensation de l'inconfort apparaît à une vitesse de 5m/s, les pourcentages de réduction du vent peuvent être établis pour chacun des mois de l'année. Ces pourcentages apparaissent dans le tableau 1.3.



Graphique 1.5 Confort relatif en position assise en fonction du vent et de la température (extrapolation des tables de Davenport réalisée par l'auteur)

Penwarden (1973, p.264) présente une méthode intéressante pour relier vitesse du vent, température de l'air, radiation solaire et degré d'habillement (CLO) dans la notion de confort. Cette méthode a été développée pour une population européenne et doit être appliquée avec réserve car la température de confort en Amérique est plus élevée qu'en Europe. Une équation mathématique développée par Green (1967) et utilisée par de nombreux auteurs pour des conditions intérieures a été modifiée par Penwarden (1973) pour l'adapter à des conditions extérieures en ajoutant un facteur de radiation solaire.

Équation 1.1: $T_b - T_a = (M/A_{Du})R_b + k(M/A_{Du})R_c + [k(M/A_{Du})+S]\,(4{,}2+13U^{0,5})^{-1}$

où:

T_b	= température du corps = 37°C
T_a	= température de l'air, voir Tableau 1, (°C)
M/A_{Du}	= taux métabolique de production de chaleur par mètre carré de surface du corps = 100 W/m^2 en moyenne pour une personne assise. (Penwarden 1973, p.262).
k	= proportion de chaleur métabolique dissipée autrement que par évaporation = 0,8
R_b	= résistance thermique du corps (légère sueur = 0,04 m^2 deg C/W) (léger frisson = 0,09 m^2 deg C/W) donc moyenne = 0,065 m^2 deg C/W
R_c	= résistance thermique des vêtements (CLO) 1 CLO (habit d'affaire) = 0,155 m^2 deg C/W
S	= apport solaire par mètre carré de surface du corps plein soleil = 120 W/m^2
U	= vitesse du vent, voir Tableau 1, (m/s)
$(4{,}2+3u^{0,5})^{-1}$	= résistance thermique entre vêtements et environnement (m^2 deg C/W)

La valeur de la vitesse maximale de vent pour obtenir une condition de confort peut être calculée en isolant la valeur (u) de l'équation 1.

$$U = 0{,}5\sqrt{\{\{^{-1}\sqrt{[(Tb-Ta-(M/A_{Du})Rb-k(M/A_{Du})Rc / (k(M/A_{Du})+S)] - 4{,}2\}} / 13\}}$$

Les pourcentages de réduction du vent calculés pour chacun des mois de l'année apparaissent au tableau 1.3. Ce tableau synthèse indique le degré de réduction de la vitesse éolienne nécessaire pour atteindre le niveau de confort selon Sater (1971), Davenport (1972) et Penwarden (1973). La réduction de la vitesse du vent nécessaire pour atteindre le confort correspond à la moyenne de la réduction de vitesse calculée pour chacun des auteurs.

Auteur	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
SATER	1300 peau exposée gèle	1200 froid piquant	1050 très froid	825 froid	650 très frais	460 frais	375 plaisant frais	425 frais	550 frais très frais	725 très frais froid	900 froid très froid	1050 très froid
(%)	-100	-100	-100	-91	-82	-40	0	-22	-70	-85	-99	-100
DAVENPORT	T. Dépl.	T. Dépl.	T. Dépl.	Dépl.	Dépl.	Tol.	Tol.	Tol.	Tol.	Dépl.	Dépl.	T. Dépl.
(%)	-73	-71	-60	-42	-26	-8	0	0	-12	-29	-46	-65
PENWARDEN 1 CLO (%)	-100	-100	-98	-92	-55	0	0	0	-4	-83	-96	-100
Réduction moy. 1+2+3 (%)	**-91**	**-90**	**-86**	**-75**	**-54**	**-16**	**0**	**-7**	**-29**	**-66**	**-80**	**-88**

Tableau 1.3: Tableau synthèse du pourcentage moyen de réduction du vent pour atteindre le confort.

Au mois de avril-mai et septembre-octobre, mois où la température est ≥ à 0°C, la vitesse du vent doit être réduite en moyenne de 56% pour atteindre un niveau de confort acceptable.

1.5.2 Degré d'exposition solaire

Le soleil peut élever la température d'un endroit protégé du vent de 14°C comparativement à seulement 7°C pour un endroit exposé au vent. (Steadman, 1971, p.682) Dans une situation de confort critique, l'exposition directe au soleil est un facteur essentiel (voir calcul du confort selon Penwarden) et les dispositifs de protection contre le vent ne doivent pas occulter exagérément les rayons solaires. L'étude de l'ensoleillement ne fait pas partie de la présente recherche mais d'une manière générale, un degré d'exposition maximal aux rayons solaires aux entre-saisons correspond à un confort optimal.

2. Méthodologie

2.1 Simulation du vent

Il existe deux techniques traditionnelles de simulation du vent autour des constructions: la technique aérodynamique dans laquelle l'air soufflé dans un tunnel simule un vent réel et la technique hydrodynamique dans laquelle l'eau simule les mouvements de l'air. Plus récemment, des techniques de simulation mathématiques ont été expérimentées mais plusieurs paramètres associés au vent semblent encore impossible à représenter dû à la complexité des phénomènes. Les recherches de Summers et al., (1984, pp. 97-111) visant à comparer les différences de comportement du vent entre les simulations en milieu aérodynamique et mathématique en utilisant les équations de Navier-Stokes ont démontrées que l'on peut recréer grossièrement le mouvement du vent en amont d'un obstacle mais que l'on ne peut recréer en plan et en coupe la zone de sillage en aval de l'obstacle. Les auteurs suggèrent qu'une meilleure définition de la densité de la turbulence ainsi que l'utilisation d'une grille de calculs plus raffinée en terme de dimensions des unités et de puissance de traitement des données pourrait mener à une marge d'erreur de 20% comparable aux simulations aérodynamiques. Les auteurs terminent en signalant que l'évaluation précise des conditions d'écoulement en milieu aérodynamique est impossible en raison des mouvements complexes turbulents. L'approche mathématique n'est donc pas actuellement la plus appropriée pour le type de phénomène étudiés dans la cadre de la présente recherche.

Les techniques aérodynamique et hydrodynamique demeurent encore aujourd'hui les techniques de simulation les plus représentatives tout en étant faciles d'apprentissage et peu onéreuses. Les départements de Génie Mécanique et Génie Civil de l'Université Laval possèdent respectivement une soufflerie et trois canaux hydrauliques. De plus, la Faculté d'Architecture possède son propre canal hydraulique.

Les appareils de simulation aérodynamique et hydrodynamique disponibles présentent des limitations résumées dans le tableau comparatif 2.1.

	AÉRODYNAMIQUE	**HYDRODYNAMIQUE**
correspondance	air=air neige=borax (Calkins, 1974) =bille de verre(Parisel, 1984)	-eau=air -sable fin=neige
écoulement *débit*	-laminaire uniforme -variable	-turbulent -variable, contrôlé par déversoir ou pompe
similitudes *vitesse* U_a = vitesse ds l'air U_w = vitesse ds l'eau *nb de Reynolds* μ = viscosité R_e=nb de Reynolds	-U_a en soufflerie doit être 75 fois > vitesse libre du vent. (Zrudlo, 1982, p. 279) -U basse implique un R_e faible (laminaire)	-$V_w < V_a$ correspondance facilement simulable. -si $\mu_w = \mu_a/15$ alors $R_{ew} = 15R_{ea}$ (Dobrodzicki, 1972, p.1) (Surry and Isyumov, 1975, p.81) - R_e indépendant dans l'eau (Calkins dans Zrudlo, 1982,p.287)
maquette *dimension maximale* L=largeur du conduit H=hauteur d'eau h=hauteur maquette *matériau*	-Dimension maximale = 1/5L x 1/2 H -dimension acceptable car l'air est compressible -acrylique	-Dimension maximale = 1/9L x 1/3H -dimension minimale car l'eau est incompressible H/h>4 = 8% erreur donc 6,5 cm H/h>3 = 15% erreur donc 8,6 cm H/h>2 = 32% erreur donc 12,0 cm -vérification de l'effet de parois par analogie électrique: E = $\Delta b/b$ -établir la similitude entre échelles différentes pour vérifier l'effet de parois -(Calkins, 1974, p.5) a simuié des bâtiments de 60m à l'échelle 1:200 dans un canal de 0,91m de largeur donc: H/h =1.5=32% et plus d'erreur -acrylique ou bois peint à l'époxy

prise des données *instrument* *mesures* *nombre de mesures* *représentativité* *calibrage* *manipulations particulières* *visualisation de l'écoulement*	-quantitative (anémomètre à fil chaud) 1) direction du vent 2) vitesse maximale moyenne du vent 3) turbulence maximale du vent -6*10 min./position=60 min -mesure exacte des paramètres du vent à la hauteur d'une personne assise. -recalibrage fréquent de l'anémomètre car sensibilité à la température de l'air -positionnement exacte de la sonde. Accessibilité limite certaines expériences -manipulation à sec 1)écran de fumée: -création d'un panache de fumée de 3 sec. -relevé photographique haute vitesse à 1 microsec.(appareil spécialisé) -vitesse de l'air: minimum 10cm/s -contamination importante de l'air du local	-quantitative (moulinet) -qualitative -relevé photographique -vitesse maximale moyenne et turbulence confondues en fonction des zones de présence ou d'absence de sédiments -3*20 min./paramètre=60 min -mesure du comportement du vent à une faible hauteur du sol. Importance de la visualisation pour compréhension en 3-D. -invariable car déversoir fixe -vérification périodique du calibrage -vidanges et nettoyage du canal après chaque simulation -manipulation en milieu humide 1)écran de bulles d'air -durée illimitée. -relevé photographique standard (Taylor, 1964) 2)injection d'un colorant: chlorure de potassium. -adhéquat pour écoulement laminaire. 2)observation directe des sédiments.
analyse des données *tableaux et graphiques*	-absolue -compilation et tracé immédiats par mode informatisés mais: -"la présentation des données point par point est souvent l'aspect négatif de ces études..." (Aynsley, 1972)	-relative (interprétation visuelle) -développement des négatifs photos -"scanning" pour déterminer le (%) de surface protégée -compilation et tracé manuellement

Tableau 2.1 Simulation aérodynamique et hydrodynamique

L'échelle de la maquette, la prise de donnée exacte et le traitement des données par ordinateur sont les principales qualités de la méthode aérodynamique. Cependant, l'écoulement laminaire uniforme en milieu aérodynamique traduit mal le caractère turbulent du vent autour des constructions. De plus, il est impossible de recréer artificiellement la vitesse du vent correspondant à la vitesse réelle car on atteindrait des vitesses supersoniques. (Schneider, dans Zrudlo, 1982, p.279) Cette méthode, par son haut niveau de précision, implique des manipulations expérimentales extrêmement minutieuses peu appropriées aux études architecturales qui commandent une interprétation visuelle rapide des résultats.

La simulation hydrodynamique ne présente pas beaucoup d'avantages techniques; en fait, à tous les niveaux d'expérimentation, elle suppose une quantité importante de manipulations en plus de limiter sérieusement l'échelle de la maquette. La vitesse réduite de l'écoulement par rapport au milieu réel est par contre l'avantage majeur de la simulation hydrodynamique car les écoulements laminaire et turbulents sont alors visible par l'observation directe du mouvement des particules en suspension.

Le choix du canal hydraulique comme dispositif de simulation permet de réunir dans un concept unique et global l'interprétation du phénomène vent autour des bâtiments à partir des indices de l'environnement naturel tel que l'enneigement. De ce fait, les résultats peuvent être utilisés aussi bien pour qualifier la protection contre le vent que pour prédire l'enneigement d'un espace. La simplicité du canal hydraulique et la clarté de l'écoulement en deux et trois dimensions en font un dispositif expérimental idéal à la présente étude.

2.1.1 Le canal hydraulique

Le canal hydraulique de la FAAAV (Faculté d'aménagement, d'architecture et des arts visuels) de l'Université Laval (fig. 2.1) est une construction conventionnelle en circuit fermé. Le réservoir et la structure de la section de travail sont en acier. La section de travail en fibre de verre est munie de parois verticales transparentes d'acrylique pour l'observation et la prise de clichés.

Une pompe industrielle pompe l'eau du réservoir principal vers un bassin de stabilisation en amont du canal. L'écoulement franchit alors une "zone de calibrage" perpendiculaire à l'écoulement constituée d'une composition de filtres. Le type de filtre utilisé provient des

appareils de ventilation commerciaux et résiste aussi bien à l'eau qu'à l'air et peut être taillé rapidement à la dimension désirée. Deux grilles en nids d'abeille supportent latéralement l'arrangement des filtres. La vitesse de l'écoulement est contrôlé par l'ouverture de la valve de la pompe et un déversoir en aval.

Les particules de sables (silice de granulométrie 70, compagnie INUMIN) sont introduites uniformément en amont via un distributeur à sédiments. La quantité de sable injectée est contrôlée par un rhéostat raccordé au plateau vibrateur.

Le réservoir principal est compartimenté pour créer un bassin de sédimentation en aval de la section de travail. Ce bassin empêche le retour des particules en suspension dans l'eau à l'intérieur de la section de travail.

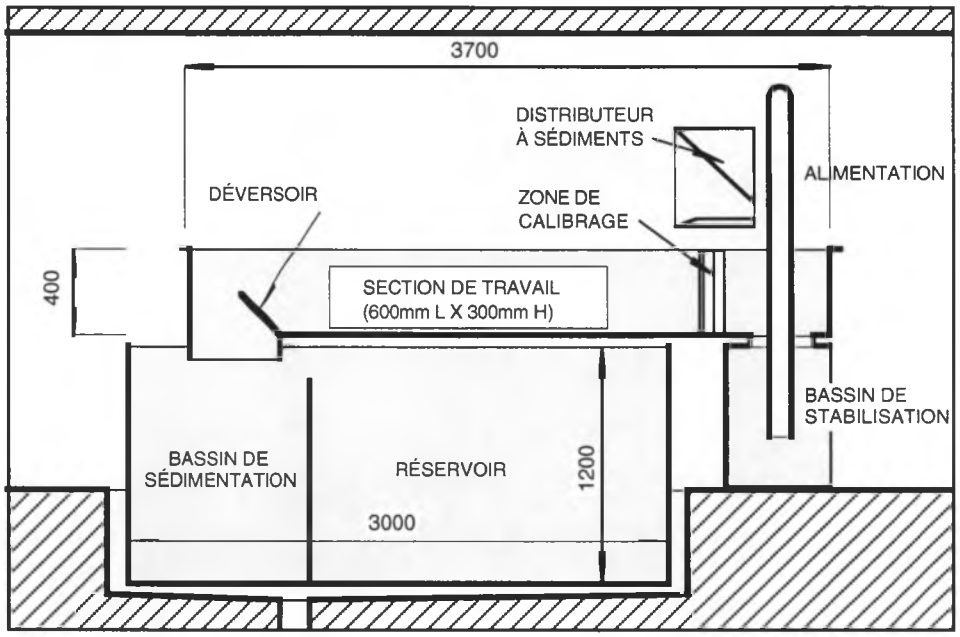


Figure 2.1 Canal hydraulique - coupe longitudinale schématique (non à l'échelle)

2.2. Calibrage du canal

La contrainte majeure de la simulation hydraulique est la limitation dimensionnelle de la maquette car l'eau est incompressible.

2.2.1. Échelle de la maquette

Le tableau 2.1 indique que la dimension de la maquette doit être d'au plus 1/9 de la largeur du canal et d'au plus 1/3 de la hauteur totale d'eau à la section de travail. Cependant, certains auteurs ont outrepassés cette limitation en tenant compte de la dimension verticale de la maquette. Calkins (1974, p.5) a ainsi poussé la dimension d'une maquette au profil vertical bas jusqu'à 1/3 de la largeur du canal sans compromettre la représentativité des résultats. La dimension la plus critique du canal hydraulique de la FAAAV est la hauteur d'eau limitée à une hauteur de 250 à 300 mm. Comme la hauteur de la maquette est de 5,5 m à l'échelle réelle, l'échelle géométrique maximale est donc limitée à 1:55. Cette limitation n'est pas problématique dans la présente recherche car la nécessité d'inclure dans la maquette son contexte bâti immédiat limite considérablement l'échelle de la maquette. L'échelle maximale, en fonction de la largeur disponible de la section de travail est donc de 1:160. A cette échelle, la hauteur du bâtiment type représente 1/8 de la hauteur d'eau et 1/8 de la largeur de la section de travail.

2.2.2 Vitesse d'écoulement du canal

Le calibrage de la vitesse d'écoulement du canal est basée sur la connaissance de la vitesse d'érosion des sables fins en milieu hydraulique par rapport à la vitesse d'érosion de la neige en milieu réel.

2.2.2.1 Érosion des sables fins dans l'eau

La vitesse critique du début d'entraînement des sables fins dans l'eau peut être déterminée en fonction de l'importance du mouvement des particules. (Frenette, 1971, chap. 3)

- Mouvement *faible*: seules quelques particules sont en mouvement sur le lit. Les grains entraînés sur une surface de 1 cm^2 peuvent être comptés. (± 20 cm/s)
- Mouvement *moyen*: les grains de diamètre moyen commencent à bouger. Le mouvement est local et le lit demeure plat. (± 25 cm/s)
- Mouvement *général*: tout le lit est en mouvement. Le mouvement apparaît partout sur le lit à tout moment. Ce type de mouvement inclue la saltation. (± 30 cm/s)

La vitesse d'entraînement général des sables fins mesurée à 0,1 m par rapport au lit de particules est de 30 cm/s. (Sündborg, 1956, p.177) Cette hauteur correspond approximativement à 0,4 fois la hauteur d'eau total possible dans le canal hydraulique.

2.2.2.2 1Érosion de la neige dans l'air

Le mouvement de la neige dépend de la vitesse et de la turbulence du vent. Il est généralement admis que l'entraînement de la neige au sol s'effectue à des vitesses de vent de l'ordre de 5,0 à 6,0 m/s (Frenette, 1979, p.30). La force de soulèvement appliquée aux particules est responsable des trois modes de transports au sol: le charriage ou reptation, la saltation et la suspension dans l'air.

- Le *charriage* ou reptation survient si les vents sont faibles. Le mouvement s'effectue alors par roulement plutôt que par glissement sur la surface du sol.

- La *saltation* survient si les vents sont moyennement forts, soit entre 6 et 9 m/s. Le mouvement des flocons s'effectue alors par bond. Ce mode de transport représente près de 99 pour cent de la charge de neige à moins de 1 cm du sol.

- La *suspension* dans l'air survient si les vents sont violents, soit entre 10 et 18 m/s. Une partie des flocons entre alors en suspension par diffusion turbulente. On retrouve près de 50 pour cent de la charge de neige dans les trois premiers centimètres au-dessus du sol et presqu'autant dans les 20 autres cm.

La duplication du phénomène de saltation dans lequel les particules rebondissent sur la surface en délogeant les autres particules est un facteur important à considérer lors d'une simulation hydrodynamique. Kind (1975, p.227) soutient que la grande majorité de la neige lors d'une tempête est transportée par saltation et que la simulation hydrodynamique n'est pas recommandée pour recréer ce phénomène car la différence entre force de soulèvement et poids dans l'eau et dans l'air est importante et fonction de la densité. Dans l'air, le rapport de densité (g/m^3) fluide/particule est de l'ordre de 10^{-3} comparativement à 1 dans l'eau. Cependant, Mellor (1965, p.6) et Frenette (1979, p.30) proposent que dans les tempêtes, une quantité majeure de neige est transportée par diffusion turbulente ou suspension. Kind (1975) fait remarquer que ces réserves ne s'appliquent qu'au phénomène de saltation et quand ce phénomène n'est pas critique à l'étude envisagée, la simulation hydrodynamique est valable.

Dans la présente étude, l'objectif expérimental n'est pas de recréer fidèlement le déplacement et l'amoncellement des particules de neige mais d'analyser les zones d'érosion des sables créées par le contournement d'un obstacle. De plus, les observations expérimentales se situent à

l'extérieure de la couche critique "boundary layer" à l'intérieur de laquelle se produit le phénomène de saltation. (voir 2.3.2 Couche limite)

2.2.2.3 Corespondance milieu réel versus milieu hydrodynamique

La vitesse d'érosion de la neige dans l'air, ±5,0 m/s, correspond à la vitesse moyenne des vents dominants à Québec: 5,2 m/s. (voir 1.5.3.2 Vents dominants) La vitesse d'entraînement des sables étant égale à 0,30m/s en milieu hydrodynamique, la correspondance suivante peut être établie. (comn. Frenette, 1992)

$$V_{\text{érosion sable dans eau}}\ (0{,}30\ \text{m/s}) = V_{\text{érosion neige dans air}}\ (5{,}0\text{m/s})$$

La vitesse moyenne d'écoulement de l'eau en canal hydraulique doit donc être égale à 0,30 m/s.

2.2.3 Débit du canal

La première étape de calibrage proprement dite consiste à déterminer mathématiquement la hauteur du déversoir permettant à la fois d'élever la hauteur d'eau à au moins troisfois la hauteur de la maquette et d'atteindre la vitesse moyenne de 0,30 m/s. La vitesse de l'écoulement peut être mesurée grâce au débit du canal hydraulique mesuré en aval. (fig. 6)

Le déversoir est fixe et seul le niveau d'eau total (H) est variable. Il correspond à des débits (Q) fonction de la quantité d'eau sur le seuil du déversoir (h) et de la largeur (L) du canal selon l'équation de Francis. (Lancastre, 1963, p.371) (Éq. 3)

Équation 2.1: $Q = \mu(\sqrt{2g})h^{3/2}$

où Q = débit du canal en m^3/s
μ = coefficient de Rehbock (annexe B)
g = force gravitationnelle 9,8 m^2/s
h = hauteur sur le seuil du déversoir (H-p)

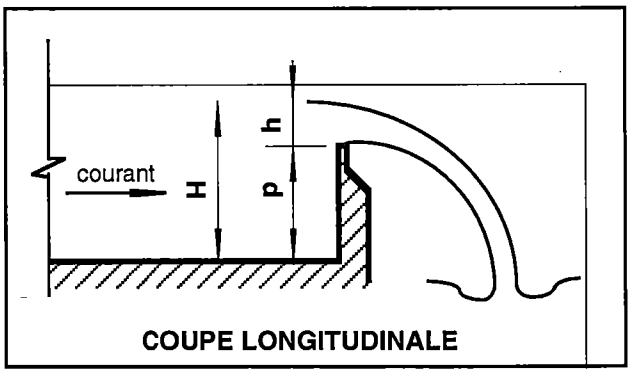


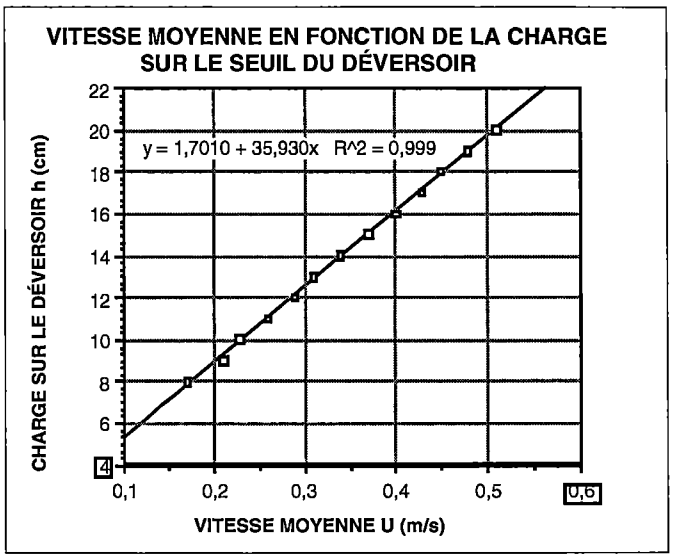
Figure 2.2 Déversoir - coupe schématique

Ces débits (Q) correspondent à des vitesses moyennes (U_m):

Équation 4 $U_m = Q/A$
où U_m = vitesse moyenne
A = HL
H = hauteur totale d'eau
L = largeur du canal

La variation de la vitesse moyenne en fonction de la hauteur d'eau est établie à l'aide des équations 3 et 4. (voir tableaux en annexe B) Le graphique 7 indique que pour une hauteur

d'eau de 125 mm sur le seuil du déversoir, la vitesse de l'écoulement est de 0,30m/s. La hauteur totale d'eau (H) est donc théoriquement de 295 mm, soit approximativement 8 fois la hauteur de la maquette.



Graphique 2.1 Vitesse moyenne en fonction de la charge sur le seuil du déversoir

2.3 Conditions de similitude

Afin de reproduire les conditions réelles, plusieurs conditions de similitudes doivent être respectées. Une correspondance précise entre les différentes variables du milieu naturel et les variables à l'échelle réduite doit être établie (Parisel, 1984, pp. 13-15):

a) similitude de la couche limite atmosphérique et des gradients verticaux de vitesse,
b) similitude géométrique (particule p/r modèle)
c) nombre de Froude (inertie et gravité),
d) nombre de Reynolds (dynamique et viscosité) et
e) coefficient de restitution (quantité d'énergie transmise après collision)

2.3.1 Gradients verticaux de vitesse

2.3.1.1 Vitesse moyenne et turbulence

En milieu réel, la vitesse moyenne croit avec la hauteur jusqu'à une limite dite épaisseur de la couche limite atmosphérique où elle devient indépendante au site rencontré. Cette croissance peut être représentée par l'équation 5:

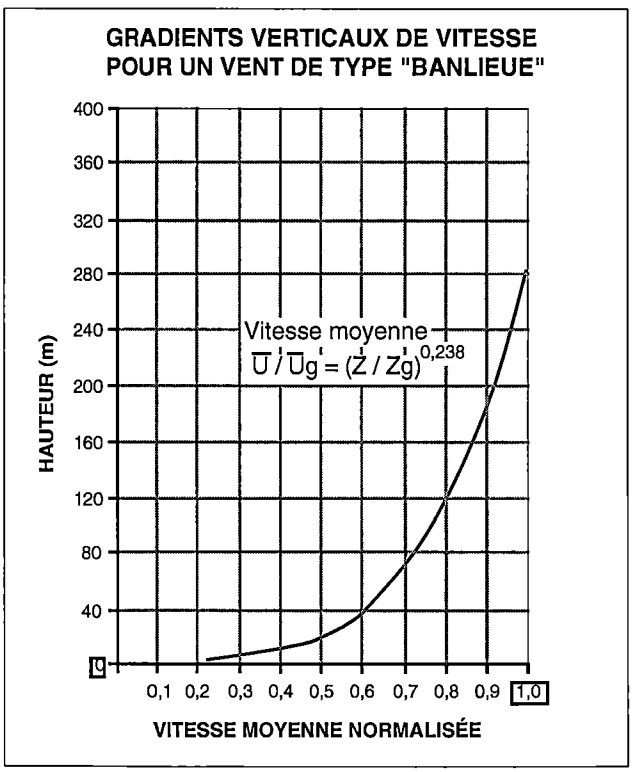
Équation 2.2: $U_Z / U_g = (Z / Z_g)^n$

où U_Z = vitesse moyenne à une hauteur Z
U_g = vitesse du gradient à la hauteur Zg
Z = hauteur variable
Z_g = hauteur de la couche limite atmosphérique
n = coefficient type plaine, banlieue ou ville

La topographie et la rugosité du sol conditionnent la hauteur de la couche limite atmosphérique (Zg) et la vitesse du gradient du vent (Ug). On distingue généralement trois type de vent: le type campagne (lac-plaine), le type banlieue (forêt) et le type centre-ville.

Parisel (1984, p.13) propose de recréer aussi l'intensité de turbulence en fonction de la hauteur et les échelles de turbulences reproduites à l'échelle de la maquette. Cependant, Aynsley et al. (1977, p.160) font remarquer qu'aux endroits susceptibles d'avoir des conditions inacceptables de forts vents tels les angles des bâtiments, les allées et les arcades, l'intensité de la turbulence est faible et qu'il est raisonnable d'assumer que la vitesse maximale de pointe est deux fois plus élevée que la vitesse moyenne du vent. Ces auteurs concluent que les études de simulation du vent visant à déterminer les zones de hautes vitesses et à proposer des solutions pour améliorer les conditions peuvent être basées sur de simples mesures de la vitesse moyenne du vent éliminant la nécessité de recréer l'intensité de turbulence et les échelles de turbulence à l'échelle de la maquette.

Dans la présente expérimentation, seule la vitesse moyenne est simulée et représente un vent de type banlieue dont la courbe de distribution des vitesses verticales est illustrée par le graphique 2.2. (Sanni et al., 1990, p. 154)



Graphique 2.2 Vent de type banlieue d'après Sanni et al., 1990

2.3.1.2 Calcul des gradients

Sachant que la vitesse moyenne dans la région de Québec est de 5,2 m/s mesurée à une hauteur de 10m, la vitesse du gradient (Ug) à la hauteur (Zg) est calculée d'après l'équation 2.3:

$$U_z / U_g = (Z / Z_g)^{0,238}$$

où U_z = 5,2 m/s
U_g = valeur recherchée
Z = 10m hauteur du relevé (Aéroport de Québec)

Z_g = 330m (Sanni et al. 1990, p. 154)
n = 0,238 (Sanni et al. 1990, p. 154)

alors **U_g = 12 m/s**

Le tableau 2.2 indique les vitesses des gradients (U_Z) aux hauteurs 0,2H, 0,4H et 0,8H lorsque U_g = 12 m/s.

hauteur canal (H)	**hauteur réelle** (m)	**U réelle** (m/s)	**U canal** (m/s)
0,2H	9,6	5,2	0,31
0,4H	19,2	6,2	0,37
0,8H	16,0	7,2	0,43

Tableau 2.2 Vitesses réelles et simulées aux hauteurs 0,2H, 0,4H et 0,8H

2.3.1.3 Méthode de mesure

La figure 7 illustre les différents points de mesures verticaux et horizontaux à l'intérieur de la section de travail du canal hydraulique afin de s'assurer de la correspondance des gradients de vitesse entre le milieu expérimental et le milieu réel autour de la maquette.

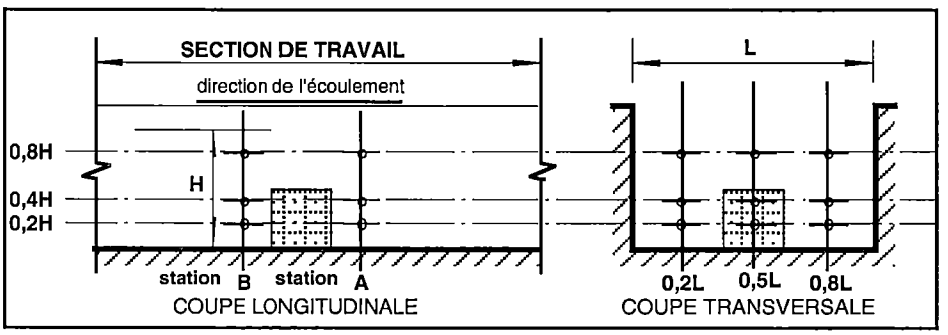


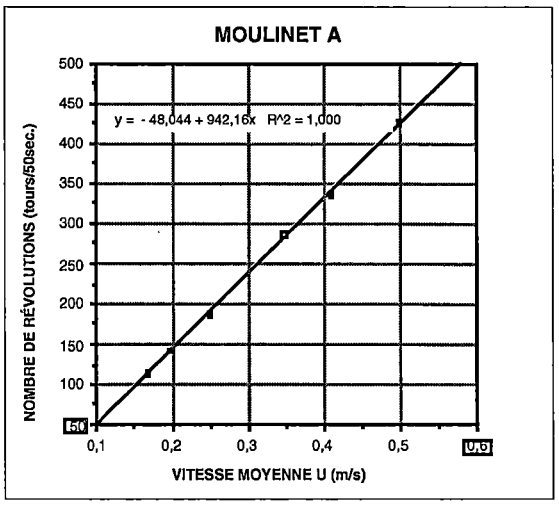
Figure 2.3 Points de mesure pour calibrage des gradients de vitesse

Les vitesses d'écoulement sont mesurées à l'aide d'un moulinet "A.Ott" de Kempten, rotor type 10152 no. 17389, hélice 1-3 no. 15237, fixé à une tige de 9mm de diamètre. Ce moulinet non-calibré (A) est calibré à partir d'un moulinet (B) no. 36495 dont le nombre de révolutions en fonction de la vitesse de l'écoulement est connu. (voir équation 7) Le nombre de révolution (N) est enregistré par un compteur à pile pour des périodes de 50 secondes.

Équation 2.4: U = (0,8331n / 3,28) + 0,016 (comn. Frenette 1992)
(moulinet B)

où; U = vitesse de l'écoulement
n = nombre de révolution par seconde = N/50

Six vitesses couvrant largement l'éventail des vitesses des gradients à simuler dans la présente expérimentation ont été sélectionnées. Chacune d'elle a été simulée cinq fois. Les deux valeurs extrêmes en nombre de révolutions ont été retirées et la moyenne des trois valeurs restantes représente le nombre de tours des moulinets (A et B) en fonction de la vitesse de l'écoulement. (annexe C) Le graphique 2.3 permet de déterminer précisément la vitesse de l'écoulement en fonction du nombre de révolution du moulinet A.

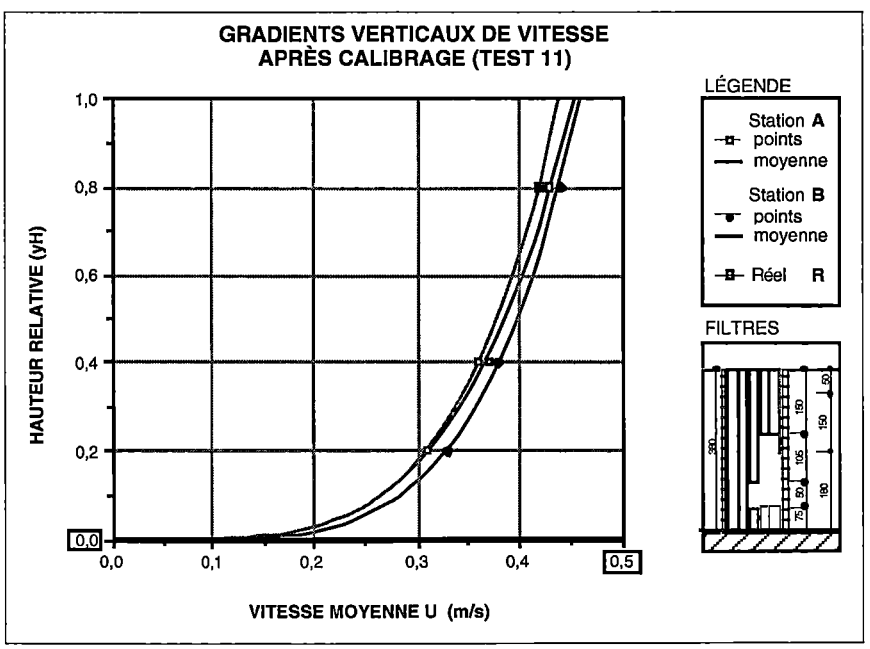


Graphique 2.3 Calibrage du moulinet A

2.3.1.4 Calibrage vertical et horizontal

Cette étape du calibrage consiste à analyser les conditions d'écoulement existantes et à les modifier jusqu'à ce que les valeurs des vitesses mesurées égalent les gradients verticaux de vitesse déterminés précédemment.

La modification des conditions d'écoulement s'effectue par l'addition, le retrait ou le déplacement des filtres situés en amont du canal. Le calibrage a nécessité 36 combinaisons différentes pour parvenir à créer verticalement et horizontalement des gradients de vitesses acceptables. Les différentes vitesses pour chaque station ont été enregistrées cinq fois. Les valeurs extrêmes ont été retirées et la moyenne des trois valeurs restantes représente la valeur de la vitesse moyenne en cette station précise. L'Annexe D regroupe sous forme de tableau les valeurs enregistrées lors du test de calibrage final. Le graphique2.4 illustre les gradients verticaux de vitesse après calibrage ainsi que la configuration des filtres permettant de recréer ces gradients. Les filtres mesurent 25 mm d'épaisseur et occupe la pleine largeur du canal (600 mm). Un panneau de particules rigide a dû être introduit devant les filtres en position haute. Les courbes représentées sont les moyennes des vitesses aux positions 0,2L, 0,5L et 0,8L.



Graphique 2.4 Gradients verticaux de vitesse après calibrage

2.3.2. Couche limite "boundary layer"

La couche limite est une zone d'écoulement essentiellement laminaire située à proximité du lit du canal à l'intérieur de laquelle s'effectue le phénomène de saltation. L'épaisseur de la couche limite est inversement proportionnelle à la vitesse selon l'équation 8:

Équation 2.5 $o = 11.6\mu / U*$ (comn. Frenette, 1993)

où: o = épaisseur de la couche limite
μ = coefficient de viscosité
$U*$ = $U / 30$ = vitesse de cisaillement

si μ_{eau} = 1,12E-6 m^2/s,
si μ_{air} = 1,50E-5 m^2/s:

o_{eau} = 11.6 x 1,12E-6m^2/s / (0,30m/s / 30) = 0,001m
o_{air} = 11.6 x 1,50E-5m^2/s / (5,0m/s / 30) = 0,001m

La dimension des couches limites sont identiques et ne dépassent pas 1mm de hauteur. Cependant, elle existe toujours et pourrait entrainer quelques erreurs dans les expériences où l'écoulement est principalement laminaire. Cette condition est toutefois critique et la dimension très réduite de la couche limite confirme que l'écoulement est presqu'entièrement turbulent.

2.3.3 Nombre de Reynolds

Le nombre de Reynolds (Re) définit les paramètres pour lesquels des volumes similaires géométriquement seront similaires dynamiquement.

Le nombre de Reynolds est fonction de la vitesse de l'écoulement, de la hauteur de la couche limite et surtout du coefficient de viscosité des fluides. Il permet de déterminer si l'écoulement est laminaire, transitoire ou turbulent. La présente simulation nécessite un écoulement turbulent.

Équation 2.6 $R_e = UH / \mu$

où U = vitesse moyenne de l'écoulement
H = hauteur totale d'eau
μ = coefficient de viscosité

si $R_e < 500$, écoulement laminaire
si $R_e < 2000$, écoulement transitoire
si $R_e > 2000$, écoulement turbulent

$R_{e\ eau}$ = UH / μ=0,30 m/s x 0,27m / 1,12E-6 = 7,2E4 >2000
$R_{e\ air}$ = UH / μ=5,2 m/s x 20m / 1,5E-5 = 7,0E6 >2000

La similitude des nombres de Reynolds n'est pas respectée mais les valeurs nettement au dessus de 2000 confirme que l'écoulement est en régime turbulent généralisé, ce qui minimise une fois de plus l'importance de la couche limite.

2.3.4 Nombre de Froude

Le nombre de Froude représente les forces dynamiques d'inertie et les forces gravitationnelles appliquées aux particules.

Équation 2.7 $F_r = U / \sqrt{gH}$

si $F_r > 1$, écoulement torrentiel
si $F_r = 1$, écoulement critique
si $F_r < 1$, écoulement fluvial

$F_{r\,eau} = U / \sqrt{gH} = 0{,}30 m/s / \sqrt{9{,}8 \times 0{,}27 m} = 0{,}18 < 1$
$F_{r\,air} = U / \sqrt{gH} = 5{,}20 m/s / \sqrt{9{,}8 \times 20 m} = 0{,}37 < 1$

La similitude du nombre de Froude n'est pas respectée mais les valeurs sont inférieures à 1. Donc pour $R_e > 2000$ et $F_r < 1$, la simulation est de type fluvial turbulent.

2.3.5 Échelle géométrique des particules

Il est pratiquement impossible de trouver une particule de sable correspondant à une particule de neige à l'échelle 1:75. De plus, selon Calkins (nov. 1975, p.1), il faut accepter lors d'une simulation hydraulique que:

a) les forces de cohésion entre les particules sont négligées,
b) la particule de neige est "sèche" et peut être transportée et
c) les particules de neige simulées ne correspondent pas au rapport géométrique de la maquette.

La similitude d'échelles des particules n'est donc pas respectée.

2.3.6 Coefficient de restitution

Le coefficient de restitution détermine la quantité d'énergie transmise aux particules au sol après collision. Kind et Odar (dans Parisel, 1984, p.15) ont démontré que la plupart de l'énergie est perdue dans le lit de particules et non dans la collision elle-même. Ce paramètre a donc une influence négligeable sur les résultats.

2.4 Technique d'érosion des sables fins dans l'eau

2.4.1 La théorie des lignes de courant

La technique expérimentale de la présente recherche propose que les accumulations nivales en fonction de leurs morphologies permettent d'évaluer l'écoulement et la force relative du vent et de déterminer les zones de protection acceptables. Calkins (1974) a le premier émis cette possibilité que les particules de neige se déposent autour des obstacles en conformité avec les lignes d'écoulement du vent. Il soutient que s'il est possible de déterminer les accumulations à partir des lignes d'écoulement, il devrait être relativement simple de mesurer les vitesses d'écoulement autour des obstacles pour générer des contours de vitesse correspondant aux accumulations de neige. (Zrudlo, 1982, p.288)

Zrudlo (1977, 1982, p. 289) en collaboration avec Wilson, Smith et Morgan de l'Université d'Edinburg, ont mesuré la vélocité du vent en différents points sur trois maquettes avec et sans accumulation autour d'elles. Il a été noté que pour un volume cubique, les courbes d'isovitesses produites avec et sans accumulation étaient similaires. Suite à des problèmes de reproductibilité, les résultats ont démontré que les mesures étaient effectuées dans une zone de transition d'écoulement laminaire à turbulent caractérisée par une grande instabilité. Les courbes de vitesses moyennes donnèrent un support à l'hypothèse des lignes de courant ou "streamline hypothesis". Zrudlo (1982, p.289) affirme qu'elle ne peut être appliquée à la recherche fondamentale qu'avec certaines réserves dû aux problèmes de reproductibilité.

D'autre part, Borges et Saraïva (1980, pp. 235-242) et Beranek (1980, pp. 1-14) utilisant une méthode similaire en milieu aérodynamique, concluent que cette méthode associe une rapidité et une précision suffisante pour la plupart des cas pratiques d'étude du vent en autant que l'écoulement soit en régime turbulent. L'écoulement simulé dans la présente étude est nettement turbulent. (2.3.3 Nombre de Reynolds) De plus, la hauteur de la couche limite "boundary layer" est si faible qu'en aucun cas, les observations ne seront affectée par le passage d'un écoulement laminaire à turbulent. (2.3.2 Couche limite)

L'hypothèse des lignes de courant veut que pour une vitesse d'écoulement ou une agitation turbulente suffisante, un processus d'érosion apparaît. Dans un écoulement tridimensionnel, après avoir conservé l'écoulement constant durant un certain temps, un pattern particulier d'accumulation sera formé. D'une façon générale, les zones d'accumulations correspondent à une diminution de la vitesse libre d'écoulement de l'ordre de 60%. (Melbourne et Styles dans Zrudlo, 1982, p.288) Cette réduction de vitesse correspond approximativement à la réduction de vitesse du vent nécessaire pour établir le niveau de confort aux mois de avril-mai et septembre-octobre (voir 1.6.1 Protection contre le vent). Une zone d'accumulation de sable est donc considérée comme équivalente à une réduction de la vitesse du vent de 60% et rend l'espace confortable.

2.4.2 Technique des patterns d'érosion

2.4.2.1 Érosion versus accumulation

Les patterns d'érosion permet de visualiser rapidement en plan le mouvement tridimensionnel du vent; le contour de la figure obtenue correspondant aux limites à l'intérieur desquelles la vitesse de friction égale ou dépasse le seuil de la vitesse d'entraînement des particules. Ainsi, une zone d'érosion à la vitesse expérimentale 0,30m/s signifie que la vitesse de l'écoulement est supérieure à 0,30 m/s donc inconfortable tandis qu'une zone d'accumulation signifie théoriquement que la vitesse de l'écoulement est réduite à cet endroit de 60% rendant l'espace confortable. En résumé:

Si ÉROSION	alors	U>0,30m/s	donc	**INCONFORT**
Si ACCUMULATION	alors	U=<(40%X0,30m/s)	donc	**CONFORT**

Dans cette étude, deux vitesses d'écoulement ont été simulées mais seule la vitesse expérimentale haute de 0,30m/s a été calibrée car c'est à partir du pattern d'érosion issu de cette vitesse que sera calculé le pourcentage de surface protégée. La seconde vitesse dite basse n'a été simulée que pour visualiser les zones critiques d'inconfort et n'a donc pas été calibrée.

Dans certains cas, le pattern obtenu peut représenter les conditions de vent à une faible hauteur par rapport au plan horizontal comme par exemple dans le cas d'un écoulement laminaire. Une interprétation en trois dimensions est alors nécessaire pour corroborer ou nier, le cas échéant, les conclusions issues du pattern d'érosion.

2.4.2.2 Durée de la simulation

Chaque simulation dure trois minutes à l'échelle du modèle (Isyumov, dans Calkins, juin 1974, p.2) car il a été démontré qu'une fois la zone d'accumulation établie derrière un obstacle, celle-ci retiendra sa forme initiale et seule la quantité de neige à l'intérieur de la zone d'accumulation augmentera avec le temps. (Bagnold, 1941, p.169) Une fine couche de sable est épandue au fond du canal ainsi que sur le plan horizontal à étudier. Comme la formation des accumulations dépend beaucoup plus du transport par le vent des particules déjà déposées que d'une soudaine chute de neige (Parisel, 1986, p.10), la quantité de sable déversée dans le canal n'a pas d'influence sur la morphologie finale du congère.

La température ambiante et les températures initiale et finale de l'eau ont été mesurées pour vérifier l'influence de la température sur le calibrage de l'écoulement. Des tests de reproductibilité effectués au début de la période d'expérimentation ont démontré que la différence de température avant et après une session d'expérimentation ne modifie pas les résultats.

2.5 Dispositif expérimental

2.5.1 La section de travail

La figure 2.4 illustre la section de travail du canal hydraulique se situant entre la zone de calibrage en amont et le déversoir en aval. A l'intérieur de ces limites, le support circulaire rotatif de la maquette permet d'orienter l'espace extérieur en fonction de la direction de vent à simuler: frontal (F), latéral (L) ou diagonal (D). Le fond du canal est nivelé jusqu'à la sortie de la zone de calibrage située en amont afin d'éviter toute turbulence causée par l'épaisseur du support. Toutes les surfaces horizontales sont de couleur foncée afin de faciliter la lecture du pattern par contraste entre les zones d'accumulation et d'érosion des sables. Le matériau utilisé est l'acrylique noir pour son inertie et sa résistance à l'eau.

L'appareil photographique est fixé à un support permettant des mouvements en longueur, largeur et hauteur à l'intérieur des limites de la section de travail . Des appareils d'éclairage sont installés en amont et en aval de la section de travail de façon à minimiser les ombres portées et les réflections sur l'eau.

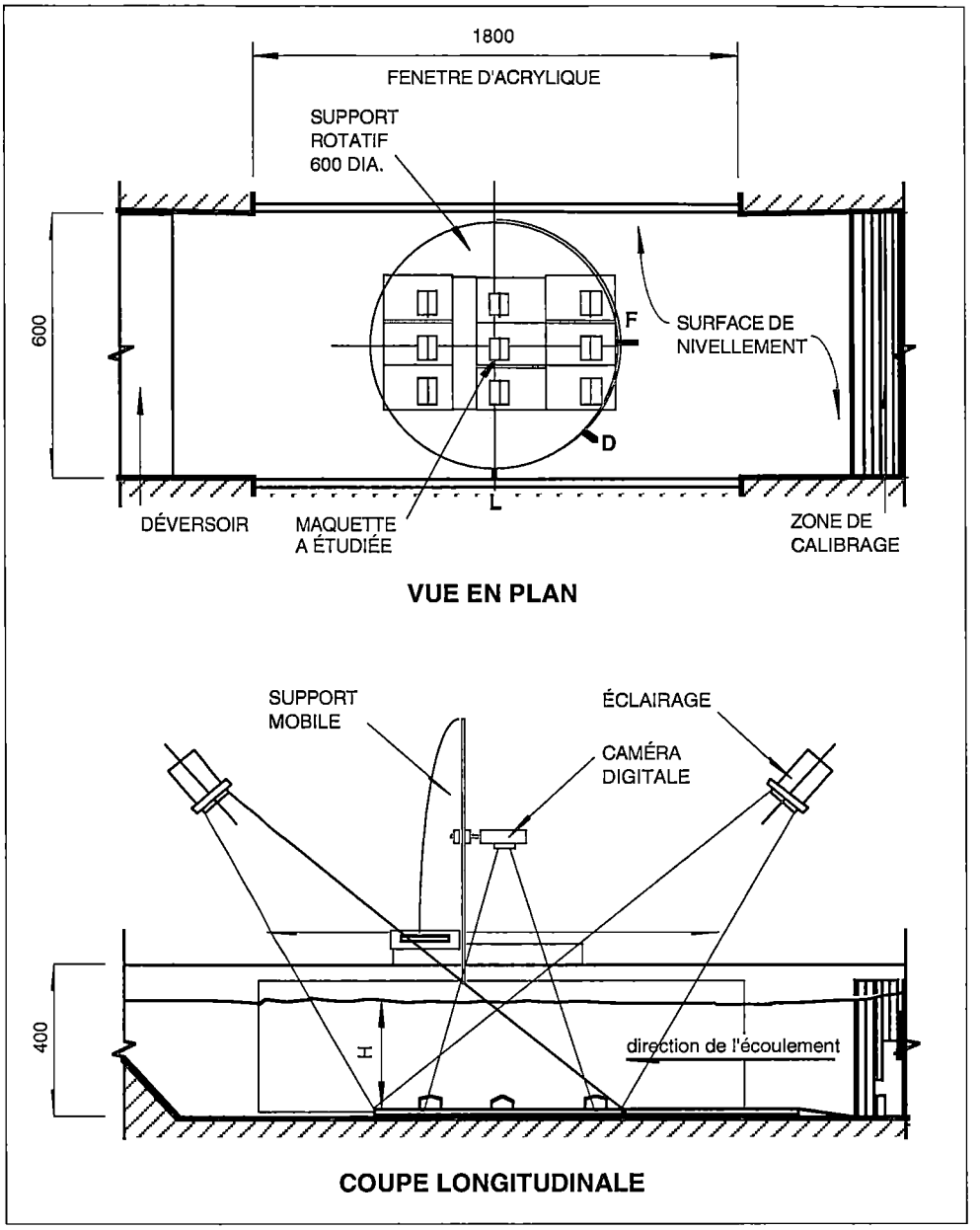


Figure 2.4 Section de travail du canal hydraulique

2.5.2 La maquette

La figure 2.5 illustre l'ensemble de la maquette expérimentale sur le plateau rotatif. Toutes les surfaces sont en acrylique. Le plateau rotatif est de couleur noire pour bien contraster avec les zones d'accumulations blanches tandis que les bâtiments sont de couleur rouge mat pour ne pas créer de rebondissement de la lumière lors de la prise de photos. Un fin joint de silicone est appliqué à la jonction des plans pour assurer l'étanchéité de l'ensemble. La surface du lot type est ponctuée de légères ouvertures sur une trame carrée de 2mX2m pour y fixer les différents dispositifs brise-vent à étudier.

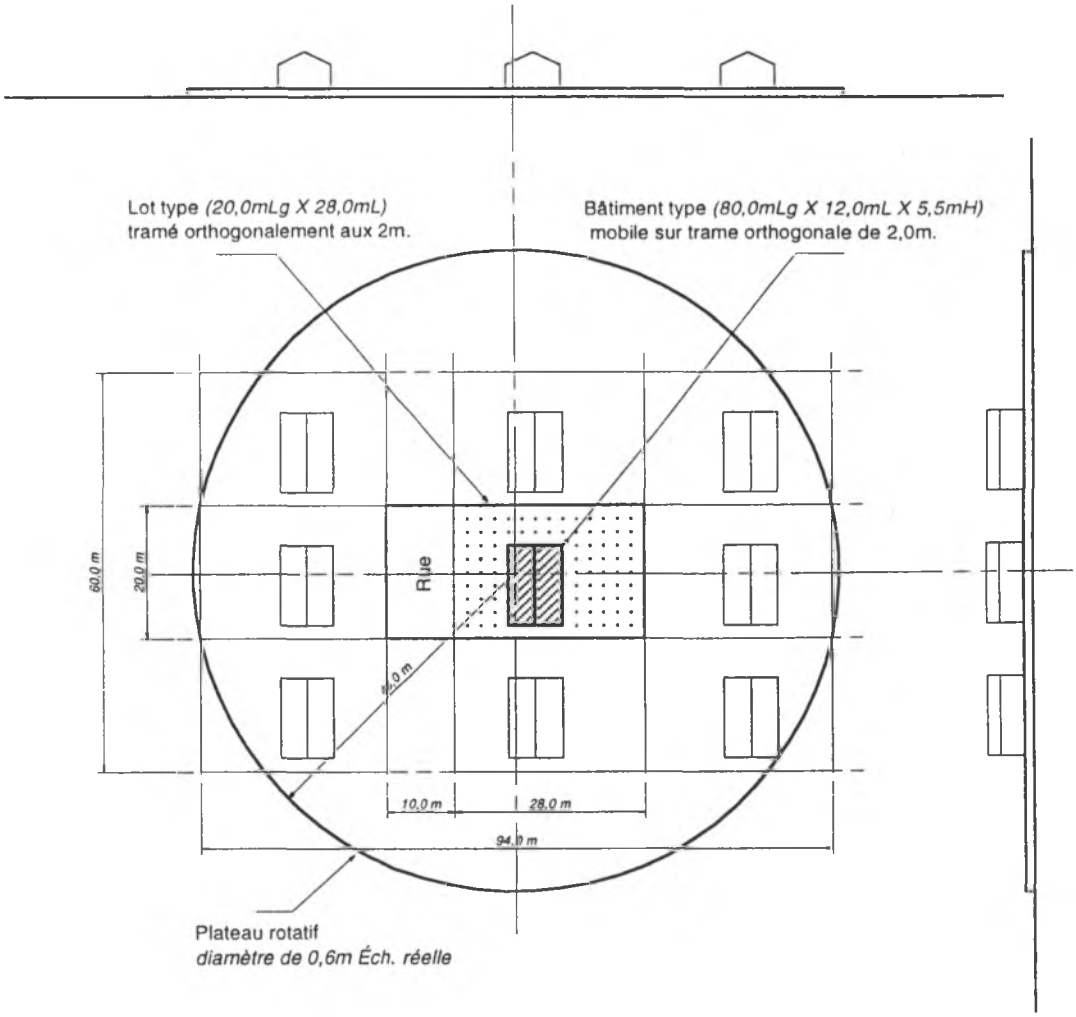


Figure 2.5 Maquette expérimentale *Echelle: 1:1000*

2.6 Définition des variables

2.6.1 Directions des vents

L'étude des données éoliennes pour la Ville de Québec a permis d'isoler trois directions de vents dominants: OSO, ENE et ONO (voir 1.4.2 Vents dominants). Afin de répondre à toutes les possibilités d'exposition aux vents en fonction de l'orientation de l'espace extérieur, trois types de vent doivent être étudiées: frontal, latéral et diagonal. (fig. 2.6) Ces directions types couvrent l'ensemble de la rose des vents car selon O'Hare et Kronauer (1969, p. 155), la simulation de la direction du vent peut varier de ± 25° sans modifications majeures des résultats expérimentaux. A noter que pour des configurations symétriques, seules trois directions de vent peuvent être simulées pour couvrir l'ensemble des dierctions de vents possibles.

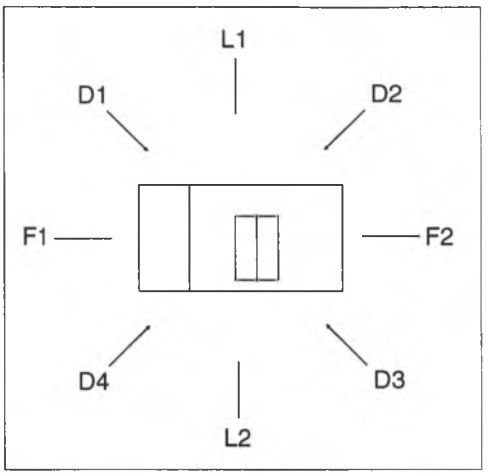


Figure 2.6 Types de vent: frontal, latéral et diagonal

2.6.2 Densification du bâti

L'étude de l'impact de la densification du milieu bâti en contexte suburbain est l'enjeux principal de cette recherche. L'étude de Després et al.(1997) précisait au Chapitre 1 que près de 55% de l'échantillon étudié consistait en un prisme rectangulaire simple. Cette morphologie pavillonnaire n'offre pratiquement aucune enclave protégée. Des configurations offrant d'une part une plus grande rugosité au vent et d'autre part bloquant les canaux d'accélération du vent seront donc simulées. Certaines des configurations suivantes ne sont pas permises par les réglement municipaux actuels mais elles explorent les possibilités d'améliorer les microclimats de la banlieue advenant un assouplissement de la réglementation.

Référence	Description
	Densification du bâti
1Aa	config. base/1 étage/sym.
1Ab	config. base/1 étage/assym.
2Aa	config. base/2 étages/sym.
2Ab	config. base/1 étage/assym.
1R	config. en rangée/1 étage
1Xa	addition/1 étage6x8/stat./alig.
1Xb	addition/1 étage6x8/stat./non-alig.
2Xa	addition/2 étages6x8/stat./alig.
2Xb	addition/2 étages6x8/stat./non-alig.
2Y	addition en toiture/1 étage8x8
1Za	addition/1 étage6x16/stat./sym.
1Zb	addition/1 étage6x16/stat./assym.
1iso	bâtiment isolé/1 étage
2iso	bâtiment isolé/2 étages
1V	addition abri de voiture4x8

Tableau 2.3 Variables associées à la densification du milieu bâti

2.6.3 Ajout de barrières brise-vent

Plusieurs recherches fournissent déjà de nombreux résultats applicables dans le réaménagement de la banlieue. Cependant, la plupart de ces recherches ont étudié les brise-vents en situation isolé et n'intègrent donc pas l'influence de constructions environnantes sur la performance du brise-vent.

Les dispositifs de protection contre le vent ont pour but d'égaliser les zones de pression différentes, de freiner les flux moyens d'air, d'atténuer l'agitation de l'air, de dévier ou canaliser l'air ou tout simplement isoler les secteurs que l'on veut clément. (Gandemer 1976, p.105) Plusieurs auteurs (O'Hare et Kronauer, 1969, p.150), (Caborn, 1965) reconnaissent l'efficacité des barrières brise-vent pour contrôler les vents violents. Lorsqu'elles sont bien conçues (hauteur, largeur, proportions plein/vide), ces barrières peuvent ralentir considérablement la vitesse du vent au niveau de l'usager. La valeur de réduction varie de 60 à 85% de la vitesse libre du vent sur une distance de 3 à 4 fois la hauteur de la barrière du côté sous le vent. Ces rapports apparaissent constant, indépendant de la hauteur de la barrière et de la vitesse du vent (Aronin, 1953, p.190).

Les variables associées aux brise-vents sont nombreuses et doivent être circonscrites pour la présente étude. Seuls la position, l'angle incidence du vent par rapport au brise-vent et leur porosité seront considérés; la hauteur et la longueur étant déterminée par des contraintes urbanistiques.

Référence	Description
	Ajout de barrières brise-vent
BV0ar	brise-vent/0 porosité/ligne lot arr.
BV0lat	brise-vent/0 porosité/ligne lot lat.
BV40ar	brise-vent/40% porosité/ligne lot arr.
BV40lat	brise-vent/40% porosité/ligne lot lat.
BV80ar	brise-vent/80% porosité/ligne lot arr.
BV80lat	brise-vent/80% porosité/ligne lot lat.
BV40iso	brise-vent/40% porosité/isolé

Tableau 2.4 Variables associées aux barrières brise-vent

2.6.4 Ajout de brise-vent végétaux

Les brise-vent végétaux constituent une façon à la fois esthétique et pratique de contrôler le vent. Les brise-vent végétaux ont aussi été largement documentés dans de nombreuses recherches mais très rarement dans un contexte physique construit. Les variables peuvent être nombreuses et ont été réduite au minimum. Seules haies, conifères et feuillus disposée sur les lignes de lot ont été considérés en fonction de leur hauteur et longueur.

Référence	Description
	Ajout de brise-vent végétaux
H3/20ar	haie 3Hx20L/ligne lot arrière
H3/60ar	haie 3Hx60L/ligne lot arrière
H3/28 lat	haie 3Hx28L/ligne lot latérale
H6/20ar	haie 6Hx20L/ligne lot arrière
H6/60ar	haie 6Hx60L/ligne lot arrière
H6/28 lat	haie 6Hx28L/ligne lot latérale
H9/20ar	haie 9Hx20L/ligne lot arrière
H9/90ar	haie 9Hx90L/ligne lot arrière
H9/28 lat	haie 9Hx28L/ligne lot latérale
2Cstat	2 conif./alig./stat.
2Cstat+Har	2 conif./alig./stat.+haie 3Hx20L ligne lot arrière
3Far	3 feuillus/ligne lot arrière
3Far+H	3 feuillus+haie3Hx20L/ligne lot arr.
3Ffdav	3 feuillus faible densité/ligne lot arr.
3Fhdav	3 feuillus haute densité/ligne lot arr.
H3iso	haie 3Hx20L isolée
H6iso	haie 6Hx20L isolée
H9iso	haie 9Hx20L isolée

Tableau 2.5 Variables associées aux brise-vent végétaux

2.7 Prise et traitement des données

2.7.1 Relevé photographique digital

La prise de données s'effectue principalement à l'aide d'une caméra digitale de type DC120 de la compagnie KODAK. L'usage de la caméra digitale en comparaison à une caméra reflex traditionnelle simplifie considérablement les manipulations du transfert des images à l'ordinateur pour le traitement des données. Alors que dans une recherche précédente menée en 1992, les négatifs devaient être développés et digitalisés séparément puis importés dans l'ordinateur, la caméa digitale, grâce à un logiciel de transfert, permet d'importer directement les images dans l'ordinateur. Cette méthode, en plus d'être très rapide limite considérablement les erreurs de développement des négatifs et des disparités entre lots de pellicules.

Une prise digitale est effectuée pour chaque direction de vent simulée à basse et à haute vitesse. La caméra est réglée à une vitesse de 1/200 de seconde, ouverture automatique sans éclair. La vitesse rapide est dûe au fait que la saisie photographique s'effectue à travers une certaine profondeur d'eau sujette aux vibrations de la pompe et aux réflections sur la surface de l'eau. Pour une vitesse d'écoulement pratiquement nulle, les vibrations de la pompe se communiquent en effet au bassin et crée des ondes parallèles à la direction de l'écoulement. L'écoulement doit donc être réduit au minimum pour chaque cliché mais ne peut être arrêté complètement, le retour tourbillonnaire de l'écoulement pour simuler les vitesses suivantes risquant de modifier le pattern d'érosion. Le calibrage photographique doit d'une part éliminer les ondes et d'autre part maximiser le contraste pour faciliter la digitalisation des négatifs.

2.7.2 Traitement de l'image digitale

L'image digitale est exportée dans le logiciel de traitement d'image ADOBE PHOTOHOP 4.0.1. Ce logiciel permet l'analyse, la modification ou la transformation de chaque pixel contenu dans l'image. La fonction 'Histogram' permet en outre de comptabiliser le nombre de pixels correspondant à chacun des 256 tons de gris de l'image. Chaque image est standardisée selon les commandes suivantes:

1- Ouvrir l'image à traiter
2- Dans le menu 'Image', transformer l'image de 'bitmap' à 'grayscale'
3- Isoler le site à étudier à l'aide de l'outil 'crop'
4- Isoler le bâtiment du site
5- Sélectionner le site sans le bâtiment et ajuster le nombre de tons de gris désiré avec la fonction 'Posterize'. Toutes les images sont transformées en six tons de gris. Cette simplification de l'image permet de mieux comprendre la densité de l'accumulation et indirectement sa hauteur relative.
6- Dans le menu 'Image', sélectionner ensuite la fonction 'Histogram'. Un graphique de la distribution de chaque tons de gris apparait. Les valeurs peut ainsi être isolée.

2.8 Feuille des résultats

Un exemple de feuille de données type peut être consultée en Annexe E.

configuration.s

L'image supérieure représente le site complet tel que photographié pour comprendre l'ensemble du comportement du vent. En effet, même si les observations se limitent théoriquement au lot type, il reste intéressant de constater l'effet de la modification de l'aménagement de ce lot sur les lots voisins.

configuration.p
La seconde figure représente la portion étudiée ou le lot type de l'image initiale sous un format 'posterize' en six tons de gris. Cette image servira à saisir les données nécessaires à quantifier la performance de chaque configuration.

configuration.tmp
La troisième image est une représentation stylisé de l'image originale du lot type en fonction d'un seuil de ton de gris minimal. Une fonction 'mosaïc' correspondant à une trame carrée de 1mX1m est ensuite appliquée à l'image pour ajouter une notion d'échelle. Le rendu en noir et blanc obtenu par un 'posterize' de 2 tons de gris rend finalement plus simplement compte de la position t de l'étendue des zones de protection.

configuration .tab
Finalement, un tableau des résultats inclus les données saisies des images ainsi que les résultats obtenus par tabulation de ces données.

2.9 Les critères d'analyse

La performance des configurations est établie à partir de deux critères d'évaluation: la protection contre le vent et le déblaiement naturel; la configuration optimale étant celle pour laquelle la protection contre le vent des espaces extérieurs de détente et le déblaiement naturel des espaces de circulations sont maximaux. La figure 2.4 identifie la position de ces quatres espaces sur le lot type.

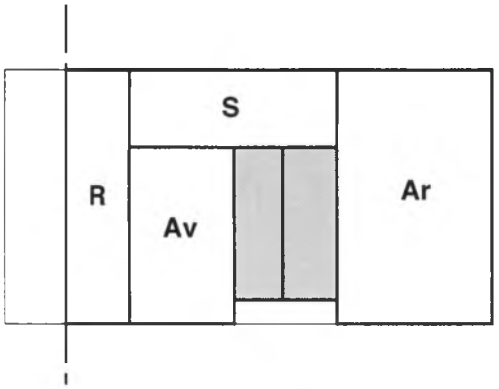


Figure 2.4 Zonage du lot type pour analyse digitale

Zone Rue (R)
Zone Stationnement (S)
Zone Cour avant (Av)
Zone Cour arrière (Ar)

2.9.1 Le tabulateur EXCEL

Cette section explique de façon détaillée la construction du tabulateur EXCEL (fig.2.5). Le tabulateur est divisé horizontalement en quatre colonnes principales (CDE, FGH, IJK et LMN) représentant les quatre zones du lot type et en deux sections horizontales principales. La section comprenant les lignes 1-10 contient les valeurs saisies des images 'posterize' tandis que la section comprenant les lignes 11-17 contient les fonctions de calculs pour établir les degré de protections.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Tons		Rue (R)			Stationnement (S)			Cour avant (Av)			Cour arrière (Ar)			
2	gris	Val.	nb. pxl.	(%)		nb. pxl.	(%)		nb. pxl.	(%)		nb. pxl.	(%)		
3	Tot.		*24800*			*12800*			*13766*			*28310*			
4	1	0	22177			7108			8919			15286			
5	2	10	2121	81	809	3349	59	588	2138	44	441	9986	77	767	
6	3	8	403	15	123	1814	32	255	1096	23	181	2542	20	156	
7	4	6	88	3	20	492	9	52	1014	21	126	493	4	23	
8	5	4	11	0	2	21	0	1	584	12	48	3	0	0	
9	6	2	0	0	0	16	0	1	15	0	1	0	0	0	
10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,8			0,9	
12	% Acc. / surf. zone (Az)				10,6			44,5			35,2			46,0	
13	**Az pond./Ipa (Azp)**				**10,1**			**39,9**			**28,0**			**43,5**	
14	Azp/surf. lot (Azpl)				3,1			6,4			4,8			15,5	29,9
15	**%Protection Av+Ar**										9,2			29,3	**38,4**
16	**%Protection R+S**				7,0			15,1							**22,1**
17	***Indice performance***														***9,9***

Figure 2.5 Tabulateur type

Colonne AB

A4-10 identifie les tons de gris de 1 à 7 bien qu'en pratique, toutes les images ont été divisée en six tons de gris. 1 correspond à la couleur noir (brillance=0) tandis que 6 correspond à la couleur blanche (brillance=256).

B4-10 est la valeur pondérée des tons de gris en fonction de leur capacité à illustrer la turbulence. Cette pondération a été introduite car après quelques expériences, il est apparu que des accumulations hautes donc très blanches correspondent à des zones de turbulence élevée tandis que des accumulations légères, donc très foncée, correspondent à des accumulations sans turbulences, i.e. à une chute verticale des particules. La valeur relative accordée à chacune varie donc de 10 pour les accumulations de ton de gris 1 à une valeur de 2 pour les accumulations de ton de gris 6.

Colonne CDE

C3 [=SOMMEC4:C9] indique le nombre total de pixel de la zone alors que C4-9 indiquent le nombre total de pixel de chaque ton de gris pour la zone tel que saisi dans l'histogramme du logiciel de traitement d'image. D4-9 [=(Dn/(D3-D4)*100] indique le pourcentage de l'accumulation occupée par chaque ton de gris. E4-9 [=Dn*Bn] multiplie ce pourcentage par la valeur pondérée de chaque ton de gris. En E11 [=SOMME(E4:E9)/1000], on obtient finalement l'indice de protection de l'accumulation variant de 0 à 1.

Ligne 12 et13

E12 [=((D3-D4)/D3)*100] indique le pourcentage total d'occupation de l'accumulation par rapport à la zone tandis que ces valeurs sont pondérées en E13 [=E12*E11]en fonction de l'indice de protection de l'accumulation.

Ligne 14

E14 [=E13*(C3/(C3+F3+I3+L3))] indique le pourcentage d'occupation de l'accumulation par rapport à l'ensemble du lot, rue comprise. O14 [=E14+H14+K14+N14] est une addition de chacun des pourcentages et indique donc le pourcentage total de surface protégée du lot.

Ligne 15 et 16

K15 et N15 [=K14*(I3/(I3+L3))] indiquent le pourcentage de surface protégée des espaces de détentes (cours avant et cour arrière) en fonction de la surface totale de ces deux espaces tandis que E16 et H16 indiquent le pourcentage de surface protégée des espaces de circulations (rue et stationnement) en fonction de la surface totale de ces deux espaces. O15 [=K15+N15]et O16

[=SOMME(E16:H16)] indique le pourcentage total de surface protégée des espaces détentes et de circulation.

Ligne 17

O 17 [=(O15*((I3+L3)/(C3+F3+I3+L3)))-((O16*((C3+F3)/(C3+F3+I3+L3)))] indique l'indice de performance combiné. Cet indice représente le pourcentage de surface proégée des espaces de détente en fonction de la surface totale du lot (considéré positif) moins le pourcentage total de surface protégée des espaces de circulation en fonction de la surface totale du lot (considéré négatif). Théoriquement, cet indice varie d'une valeur de,-100 à +100.

Ce tabulateur servira à comparer chacune des expériences du chapitre suivant.

3. Analyse des résultats

Ce chapitre est divisé en deux sections principales. La section 3.1 consiste en une analyse comparative des configurations pour chaque direction de vent prise inviduellement tandis que la section 3.2 propose une méthode pour la combinaison des directions individuelles de vent en fonction de l'exposition du site en situation réelle.

3.1 Analyse individuelle

L'expérimentation vise à déterminer l'impact des modifications à l'aménagement du site sur le comportement du vent. Trois principales directions sont simulées pour un vent frontal, latéral et diagonal. Le tableau 3.1 dresse une liste des différentes configurations étudiées ainsi que les données disponibles en fonction de la direction incidente de l'écoulement. Les données récoltées à haute vitesse serviront à l'analyse du confort éolien proprement dit alors que les données à basse vitesse n'ont été récoltées qu'a des fins purement comparatives. L'Annexe E regroupe toutes les feuilles de données à haute vitesse. Le lecteur est invité à consulter ces feuilles de données en parallèle à la discussion de ce chapitre car les informations y sont plus exhaustives. Les résultats à basse vitesse peuvent être transmises en communiquant avec le chercheur principal.

		Expériences disponibles					
		basse vitesse (b)			haute vitesse (h)		
Référence	Description	F	L	D	F	L	D
	Densification du bâti						
1A	config. base/1 étage/sym.				1	1	1
1B	config. base/1 étage/asym.				1	1	1
2A	config. base/2 étages/sym.	1	1	1	1	1	1
2B	config. base/1 étage/asym.				1	2	1
1C	config. en rangée/1 étage	1		1	1	1	1
1Xa	addition/1 étage6x8/stat./alig.	1		1	1		1
1Xb	addition/1 étage6x8/stat./non-alig.	2	2	4	2	2	4
2Xa	addition/2 étages6x8/stat./alig.	1	2	2	1	2	2
2Xb	addition/2 étages6x8/stat./non-alig.	2	2	2	2	2	2
2Y	addition en toiture/1 étage8x8	1	2	2	1	2	2
1Za	addition/1 étage6x16/stat./sym.	1	2	2	1	2	2
1Zb	addition/1 étage6x16/stat./asym.	2	2	4	2	2	4
1iso	bâtiment isolé/1 étage	1			1		
2iso	bâtiment isolé/2 étages	1			1		
Abri	addition abri de voiture4x8	1	2		1	2	
	Ajout de brise-vent végétaux						
H3/20ar	haie 3Hx20L/ligne lot arrière	1			1		
H3/60ar	haie 3Hx60L/ligne lot arrière	1			1		
H3/28 lat	haie 3Hx28L/ligne lot latérale	1		1	1		1
H6/20ar	haie 6Hx20L/ligne lot arrière	1			1		
H6/60ar	haie 6Hx60L/ligne lot arrière	1			1		
H6/28 lat	haie 6Hx28L/ligne lot latérale	1		1	1		1

H9/20ar	haie 9Hx20L/ligne lot arrière	1			1		
H9/90ar	haie 9Hx90L/ligne lot arrière	1			1		
H9/28 lat	haie 9Hx28L/ligne lot latérale	1		1	1		1
2Cstat	2 conif./alig./stat.	1			1		
2Cstat+Har	2 conif./alig./stat.+haie 3Hx20L ligne lot arrière	1			1		
3Far	3 feuillus/ligne lot arrière	1			1		
3Far+H	3 feuillus+haie3Hx20L/ligne lot arr.	1			1		
3Ffdav	3 feuillus faible densité/ligne lot arr.				1		
3Fhdav	3 feuillus haute densité/ligne lot arr.				1		
H3iso	haie 3Hx20L isolée	1			1		
H6iso	haie 6Hx20L isolée	1			1		
H9iso	haie 9Hx20L isolée	1			1		
	Ajout de barrières brise-vent						
BV0ar	brise-vent/0 porosité/ligne lot arr.	1		1			1
BV0lat	brise-vent/0 porosité/ligne lot lat.	1			1		
BV40ar	brise-vent/40% porosité/ligne lot arr.	1		1	1		1
BV40lat	brise-vent/40% porosité/ligne lot lat.	1			1		
BV80ar	brise-vent/80% porosité/ligne lot arr.	1		2	1		2
BV80lat	brise-vent/80% porosité/ligne lot lat.	2			2		
BV40iso	brise-vent/40% porosité/isolé	1			1		
		39	15	26	43	20	29
	Nb. total d'expériences:	*80*			*92*		

Tableau 3.1 Configurations étudiées et données disponibles.

La discussion suivante incorpore les observations qualitatives et les résultats quantitatifs recueillis pour les configurations figurant au tableau 3.1. La performance de chacune des configurations est discutée pour trois directions d'écoulement en fonction de la disponibilité des données expérimentales. Avant d'entreprendre cette discussion, une brève description du comportement du vent en fonction de son angle d'incidence par rapport à l'obstacle permettra de mieux comprendre les commentaires spécifiques au contexte de la présente recherche.

Contournement frontal

Lorsque le vent frappe un obstacle, l'écoulement se divise horizontalement de part et d'autre de la ligne de symétrie de l'obstacle et verticalement à partir du point de stagnation. (fig. 3.1) Pour un plan perpendiculaire à l'écoulement, ce point se situe plus ou moins au tiers supérieur du plan vertical. Ainsi, les deux tiers de l'écoulement sont rejetés vers le bas d'où il contournera l'obstacle aux coins inférieurs et le long des arêtes verticales. (Aynsley, 1973, p.151)

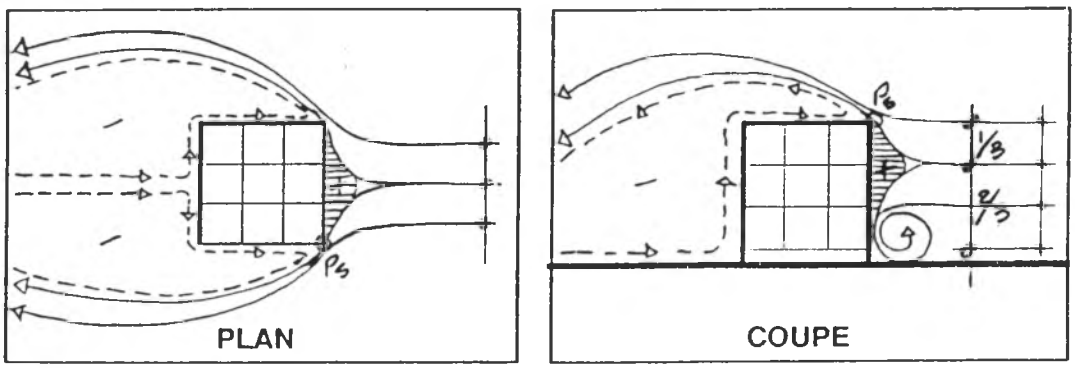


Figure 3.1 Comportement du vent / vent frontal

Contournement latéral

Lorsque le vent frappe un obstacle (fig.3.2), il est dévié de part et d'autre, créant sur les côtés de l'obstacle parallèles au vent des zones de pression négative à l'intérieur desquelles se développent des mouvements turbulents pour tenter d'égaliser la différence de pression (Gandemer, 1976, p.60) (fig. 37). Plus la dépression est importante, plus la turbulence augmente. La façade de l'obstacle parallèle au vent est soumise a une pression négative diminuant à partir du point de séparation en amont de la façade jusqu'à l'arête en aval de la façade. La dépression augmente aussi de bas en haut, la vitesse de l'écoulement croissant du bas vers le haut en fonction de la courbe des gradients verticaux de vitesses.(Brit-Borve, 1987, p.29)

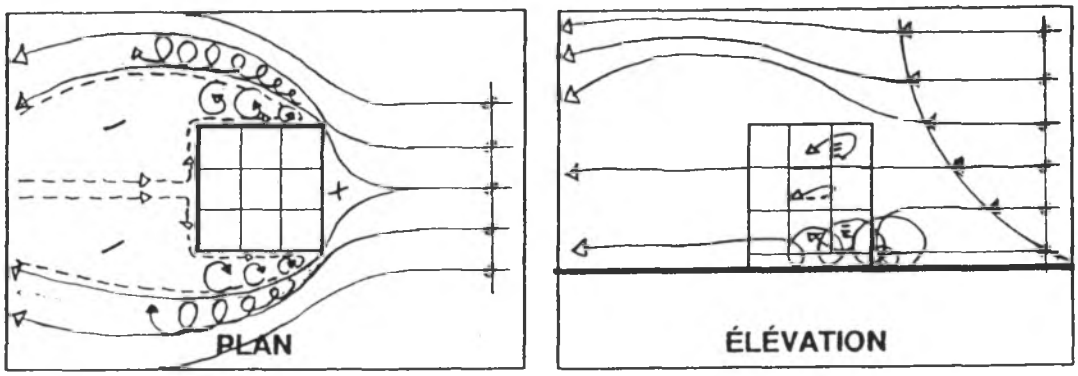


Figure 3.2 Comportement du vent / vent latéral

Contournement diagonal

Lorsque le vent frappe un obstacle placé diagonalement (45°), l'écoulement est fortement accéléré par le contournement de l'obstacle (fig.3.3). Contrairement à un vent frontal où l'écoulement est dévié pour créer d'importantes zones de turbulence sur les faces frontale et latérales de l'obstacle, l'écoulement conserve ici sa direction horizontale libre et une très faible partie est déviée vers la base et le sommet de l'obstacle. L'écoulement est pratiquement laminaire car l'obstacle est en position aérodynamique. La position à 45° favorise la formation de "vortex" très fort près des arêtes. (Wise, 1965, p.96) (fig. 48)

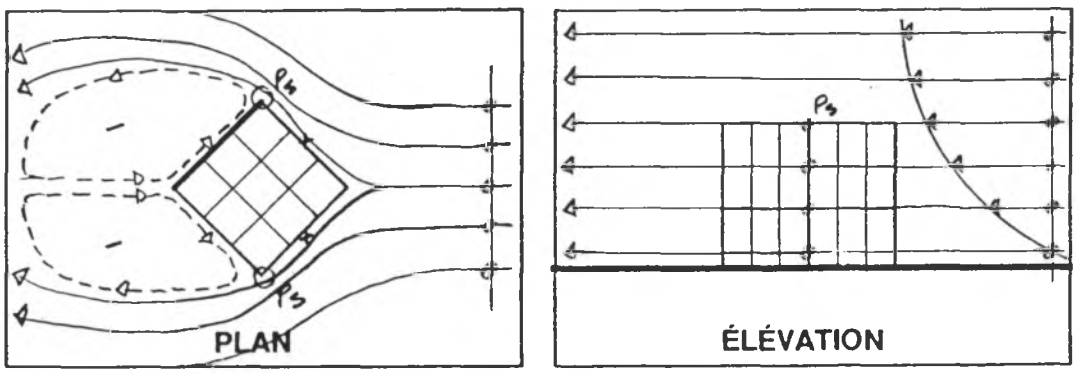
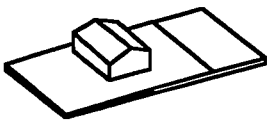


Figure 3.3 Comportement du vent / vent diagonal 45°

3.1.1 Densification du bâti

3.1.1.1 1Aa / 1Ab (1 étage)

La configuration de base 1Aa consiste en un bâtiment de 8m de largeur x12m de longueur x 5,5m de hauteur ayant des marges de recul avant de 10m et latérales de 2m et 6m telle que définie à la section 1.2. La rue mesure 10m de largeur et le lot proprement dit mesure 20m de largeur par 28 m de profondeur.



Vent frontal

Pour un vent frontal arrière F2, la configuration de base symétrique (1Aa) offre peu de protection à l'exception de la cour avant où 36% de la surface est protégée. L'effet de Venturi (accélération) induit par la proximité des bâtiments voisins génère une zone de pression négative en aval des obstacles et crée une accumulation sur 25% de la zone de stationnement et réduit l'indice de performance à 1,4. En absence de bâtiments voisins (voir 1Aiso à l'annexe X), l'indice de performance augmente considérablement car l'écoulement demeure laminaire et aucune accumulation ne survient dans la rue mais la protection des cours demeure faible malgré une accumulation de type laminaire dans la cour arrière.

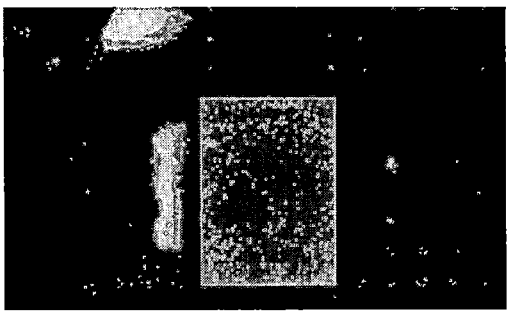


*Fig.3.4 F2-1Aa(17,1/15,8/23,0/**1,4**)*

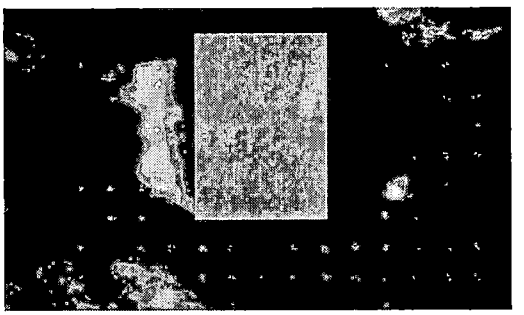


*Fig.3.5 F2-1Ab(17,9/15,4/26,1/**0,3**)*

Pour une même direction de vent F2 mais pour une configuration asymétrique (1Ab) où les espacements entre les bâtiments voisins sont maintenant respectivement de 4m et de 12 m, la protection de la rue augmente considérablement dû à la perte de l'effet Venturi entraîné par la grande distance entre les bâtiments sur l'un des côtés. L'accumulation résultante réduit donc d'avantage l'indice de performance par rapport à une configuration symétrique.

Vent latéral

Pour un vent latéral droit L2, 1Aa n'offre pratiquement aucune protection malgré les accumulations représentées aux figures 3.6 et 3.7. On peut raisonnablement supposer que la présence d'une importante accumulation dans la cour arrière n'est pas représentative des conditions de confort réel car l'écoulement y est probablement laminaire et d'une vitesse supérieure à 40% de la vitesse du vent libre. Cette observation, déjà discutée lors du calibrage du dispositif expérimental (voir section 2.3.2) constitue l'une des limitations de la méthode expérimentale en écoulement laminaire où les particules sont littéralement retenues au sol par la pression positive et linéaire de l'écoulement. L'indice de performance de 2,5 devrait donc être beaucoup moindre en ne tenant pas compte de l'accumulation dans la cour arrière.

La disposition asymétrique du bâtiment par rapport aux bâtiments voisins (1Ab) ne change pas la performance de cette configuration.

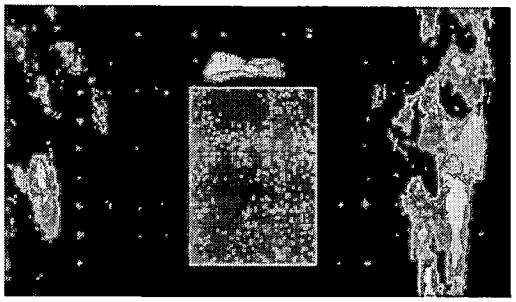


*Fig. 3.6 L2-1Aa(30,3/27,2/44,7/**2,5**)*

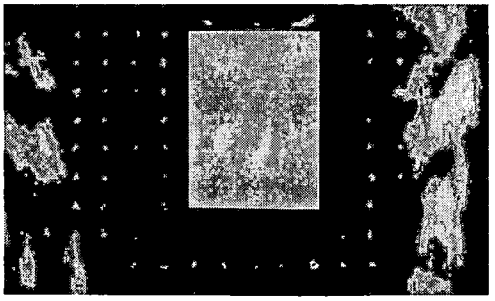


*Fig.3.7 L2-1Ab(24,4/23,4/32,3/**2,5**)*

Vent diagonal

Pour un vent diagonal D3, les configurations de base n'offre que très peu de protection, l'écoulement du vent laminaire étant transformé en un puissant vortex en aval de l'obstacle. L'éloignement de 1Ab par rapport à son voisin en amont semble minimiser l'effet de ce vortex en créant une accumulation plus dense mais moins étendue qu'en 1Aa.

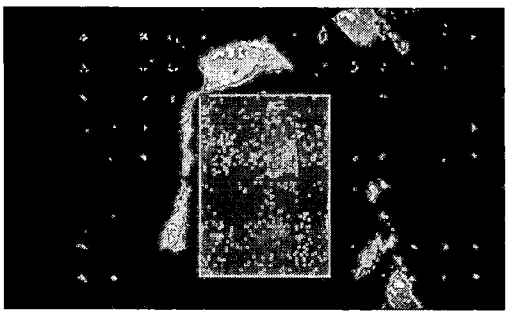


*Fig. 3.8 D3-1Aa(14,1/16,0/14,9/**4,6**)*

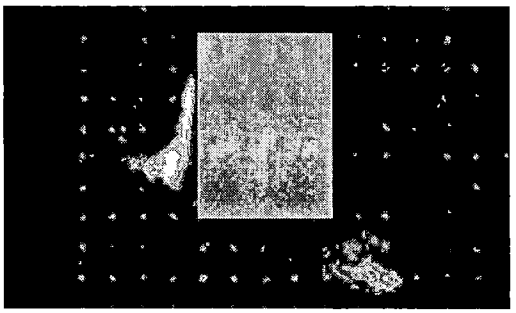


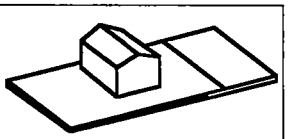
*Fig.3.9 D3-1Ab(11,4/13,8/7,6/**5,9**)*

Sommaire 1A

Ces configurations de base confirment la nécessité de modifier l'écoulement du vent autour d'un bâtiment isolé avec ou sans voisinage. La présence de bâtiments voisins semble ralentir mais aussi rendre plus turbulent l'écoulement du vent.

3.1.1.2 2A (2 étages)

La configuration 2A est identique à 1A mais possède deux étages. L'ajout d'un étage entier à un bâtiment d'origine constitue l'une des modifications les plus courantes en milieu suburbain et mérite donc d'en comprendre les répercussions sur l'écoulement du vent.



Vent frontal

Pour un vent frontal F2, l'ajout d'un étage à la configuration de base, disposé symétriquement et asymétriquement, n'affecte pas significativement la performance de l'ensemble. Dans les deux cas, les accumulations dans la rue et dans le stationnement sont légèrement réduite grâce à la plus grande turbulence induite par le bâtiment à deux étages. Cette turbulence a aussi pour effet de diminuer la protection au vent dans la cour avant. En absence de bâtiments voisins (voir 2Aiso, Annexe E), l'indice de performance augmente considérablement car l'écoulement demeure laminaire et aucune accumulation ne survient dans la rue mais la protection de la cour avant devient pratiquement nulle. Le vent ne rencontrant pas d'obstacles en amont, il conserve sa vitesse libre jusqu'à l'obstacle. La turbulence en aval se retrouve donc exacerbée par la forte différence de pression entre les côtés opposés de l'obstacle et empêche la formation de toute accumulation.

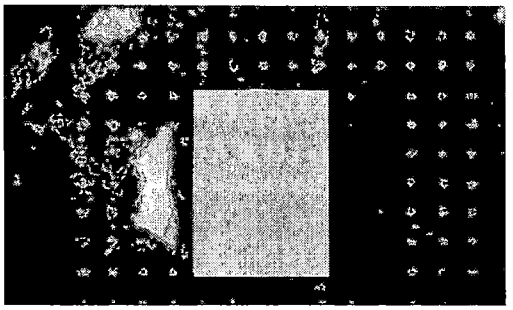


*Fig. 3.10 F2-2Aa(11,3/12,1/12,3/**3,6**)*

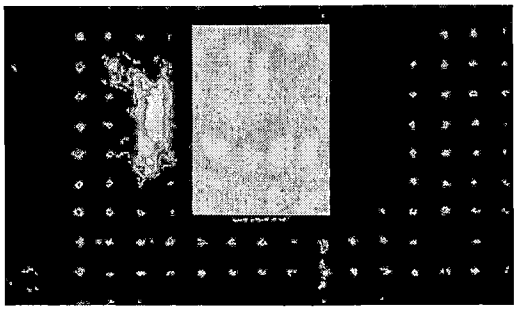


*Fig.3.11 F2-2Ab(6,7/6,8/6,7/**1,7**)*

Vent latéral

Pour un vent latéral L1, l'influence de la hauteur du bâtiment sur l'accumulation est clairement visible. La plus grande turbulence de 2Aa, comparativement à 1Aa/b (fig.3.6 et 3.7) se reflète particulièrement au niveau de la cour libre d'accumulations.

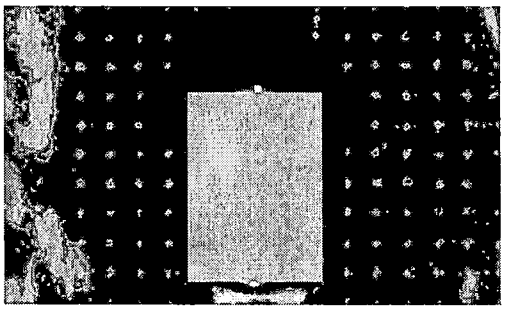


*Fig. 3.12 L1-2Aa(16,1/8,8/37,7/**-8,0**)*

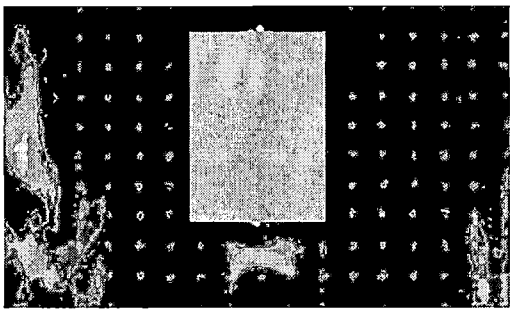


*Fig.3.13 L1-2Ab(22,5/20,9/32,7/**1,1**)*

Vent diagonal

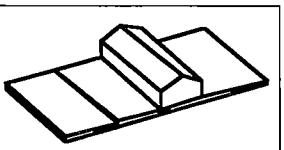
Pour un vent diagonal D3, les performances demeurent sans intérêts.

Sommaire 2A

Malgré une légère augmentation de performance pour un vent frontal F2, l'ajout d'un deuxième étage à la configuration de base n'améliore pas la protection contre le vent. Elle ne fait qu'augmenter la turbulence en amont et en aval de l'obstacle. L'addition partielle d'un deuxième étage (voir 2Yb, Annexe E) offre aussi peu d'intérêt.

3.1.1.31R (en rangée)

La configuration 1R est constituée de la configuration de base1Aa allongée sur toute la largeur du site pour former une barre telle la maison en rangée. Ce type de transformation, bien que rarement observé en milieu réel, est simulé pour comprendre l'influence des espaces résiduels entre les bâtiments isolés sur le comportement du vent.



Vent frontal

Pour un vent frontal F2, le bâtiment en rangée procure jusqu'à maintenant la meilleure protection dans la cour avant avec 39% d'accumulation s'étendant à plus de 4m de la façade en aval. La cour arrière demeure entièrement non-protégée.

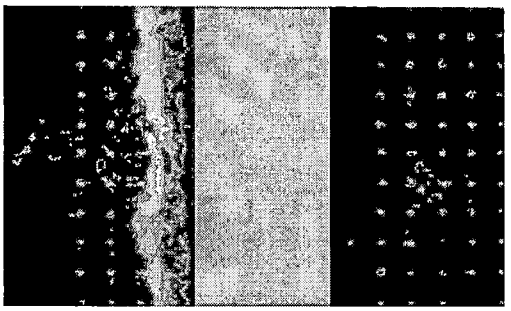


*Fig. 3.14 F2-1R(15,1/15,8/18,4/**5,1**)*

Vent latéral

Pour un vent latéral L2 (fig.3.15), la performance de -2,4 est deux fois inférieure à 1Aa (2,4. cependant, ici encore, l'accumulation dans la cours arrière est de type laminaire. La performance devrait donc être beaucoup moindre.

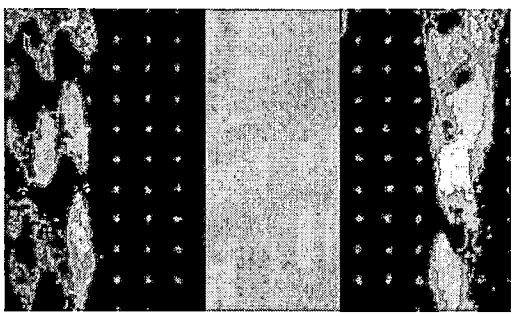


*Fig. 3.15 L2-1R(24,0/18,7/45,2/**-2,4**)*

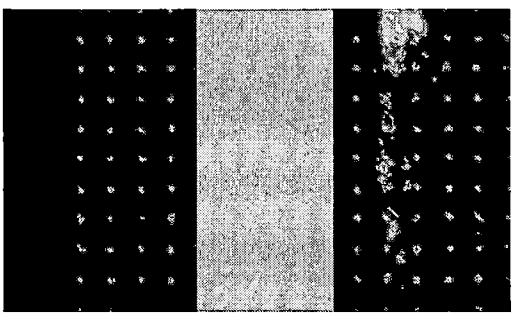


*Fig.3.16 D3-1R(6,0/7,9/2,2/**4,6**)*

Vent diagonal

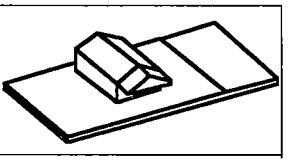
Pour un vent diagonal D3, la configuration en rangée ne procure plus aucune protection en aval, la forme allongée exacerbant encore d'avantage un puissant 'vortex' à 45° qui balaie toute possibilité d'accumulation dans la cour avant. L'indice de performance supérieur à 1Aa est attribuable principalement à l'érosion complète de la rue.

Sommaire 1R

La configuration en rangée n'offre une amélioration notable de la performance que sous un vent frontal F2.

3.1.1.4 1V (avec abri de voiture)

La configuration 1V est constituée de la configuration de base 1A avec l'addition d'un abri de voiture. Cette configuration représente près de 50% de l'échantillon d'étude.



Vent frontal

Pour un vent frontal F2, l'abri semble ralentir l'écoulement du vent entre les bâtiments voisins et encourager l'accumulation dans la rue en aval, ce qui contribue à réduire du double son indice de performance par rapport à 1Aa.

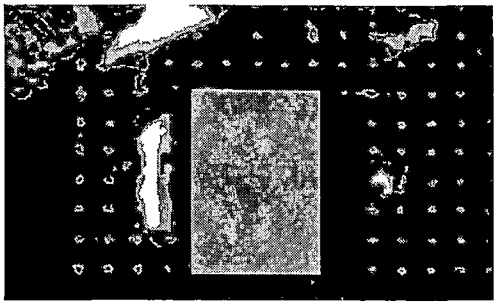


*Fig. 3.17 F2-1V(15,9/13,1/26,8/**-1,5**)*

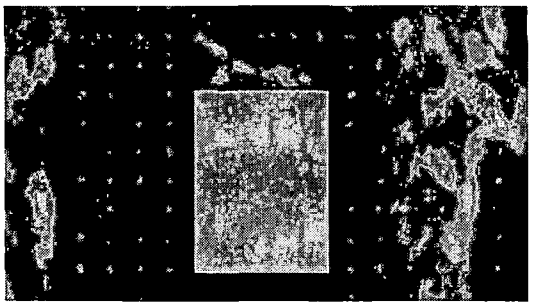


*Fig.3.18 L2-1V(34,8/33,0/43,1/**6,2**)*

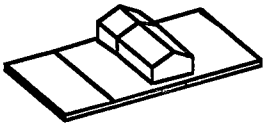
Vent latéral
Pour un vent latéral L2, l'abri ne modifie pas le pattern d'érosion par rapport à la configuration sans abri car ces deux configurations sont orientées aérodynamiquement par rapport à la direction du vent.

Sommaire 1V
L'ajout d'un abri de voiture ouvert sur trois côtés semble diminuer la turbulence et l'effet de Venturi entre les bâtiments voisins et favoriser une accumulation plus importante dans les espaces de circulation au détriment de la performance combinée.

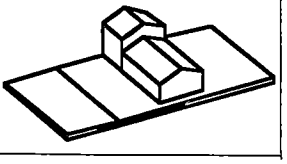
L'ensemble des modifications précédentes à la configuration de base n'apporte que peu d'amélioration au chapitre de la protection contre le vent et du déneigement naturel des voies de circulation hormis la configuration en rangée, qui quoique utopique, performe relativement bien sous un vent frontal. Les expériences suivantes proposent donc une densification plus importante du lot type à partir de l'espace résiduel entre les bâtiments voisins qui est souvent occupé par le stationnement. Contrairement aux expériences précédentes pour lesquelles seulement trois directions de vent suffisaient à couvrir l'ensemble des possibilités d'exposition au vent, plusieurs directions de vents frontaux, latéraux et diagonaux doivent être simulés dû à la nature asymétrique des configurations.

3.1.1.5 1Xa/2Xa (addition 1ou 2 étages alignés)

Les configurations 1Xa/2Xa sont tous deux constituées de la configuration de base 1A avec l'addition d'un espace construit à la place d'un abri d'auto ou d'un stationnement. 1Xa représente une transformation très répandue en présence d'un abri d'auto existant et aux restrictions de marges de recul avant qui ne permettent pas de construire plus près de la rue.



2Xa représente une transformation moins répandue mais qui a l'avantage de densifier d'avantage le lot et de conserver intact le bâtiment initial en l'absence d'abri d'auto existant.



Vent frontal
Pour un vent frontal F2, les deux patterns d'érosion sont très similaire malgré la différence importante de hauteur des deux configurations. Il est en effet intéressant de noter que l'addition de 1Xa génère un allongement considérable de la zone de protection en aval comparativement au pattern régulier de la configuration en rangée 1R. La présence d'un espace résiduel très restreint entre les bâtiments voisins doit donc créer une accélération très locale qui contribue à diminuer la turbulence en aval du nouvel obstacle et à encourager l'accumulation. La performance inférieure de 2Xa est attribuable principalement à des accumulations plus denses qu'en 1Xa et suggère une plus grande turbulence. L'indice de protection de l'accumulation est d'ailleurs plus bas en 2Xa. Pour un vent latéral et diagonal, l'addition de 1Xa ou 2Xa n'améliore en rien la performance. Ces résultats apparaissent en Annexe E.

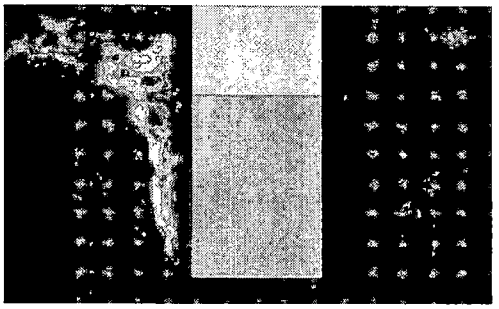


*Fig. 3.19 F2-1Xa(14,6/12,1/26,6/**0,4**)*

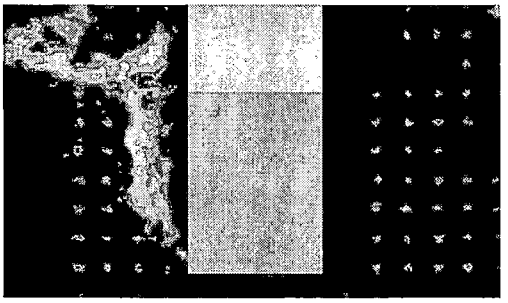


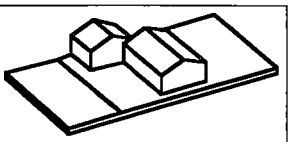
*Fig.3.20 F2-2Xa(13,5/9,9/31,3/**-2,5**)*

Sommaire 1Xa/2Xa

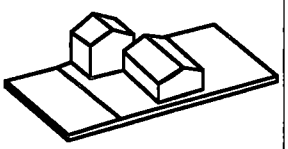
L'ajout d'une extension de 1 ou 2 étage dans l'aire de stationnement alignée sur le bâtiment de base, allonge significativement l'étendue de la protection contre le vent en aval de l'obstacle. L'ajout de 2 étages génère cependant plus de turbulence donc moins de protection.

3.1.1.6 1Xb/2Xb (addition 1 ou 2 étages non-alignés)

Les configurations 1Xb/2Xb représentent les configurations 1Xa/2Xa déplacés vers la rue sur la marge de recul avant de 2m.



Ces configurations semblent peu probables dans le contexte actuel très stricte des règlements municipaux quant à la marge de recul avant. Elles méritent cependant d'être analysés car elles permettent la création d'espaces extérieurs mieux encadrés physiquement à l'avant et à l'arrière du bâtiment.



Vent frontal

Pour un vent frontal F2, 1Xb performe mieux que 2Xb en raison de l'accumulation plus limitée dans la rue. Le pattern d'érosion en diagonal de 2Xb illustre clairement la direction de la succion de l'écoulement en aval de l'addition à deux étages causé par la forte différence de pression avant et après l'obstacle contrairement à 1Xb.

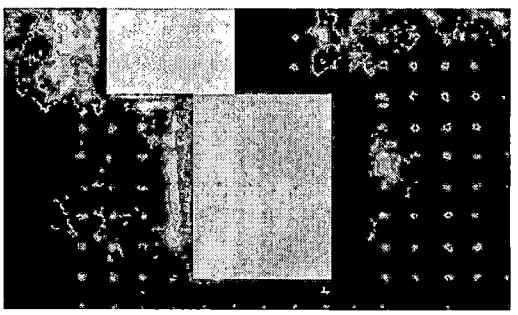


*Fig. 3.21 F2-1Xb(21,9/20,4/34,2/**7,7**)*

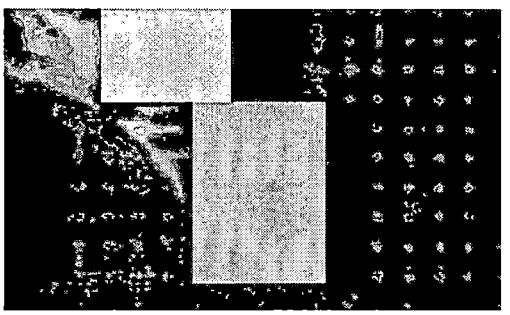


*Fig.3.22 F2-2Xb(19,3/16,1/41,4/**2,8**)*

Pour un vent frontal F1, 1Xb est légèrement supérieure à 2Xb malgré un déblaiement naturel presque complet de la rue par cette dernière. Le décollement du pattern d'accumulation en aval de 2Xb est typique d'une forte turbulence derrière l'obstacle haut comparativement à 1Xb où le pattern reste attaché à la façade.

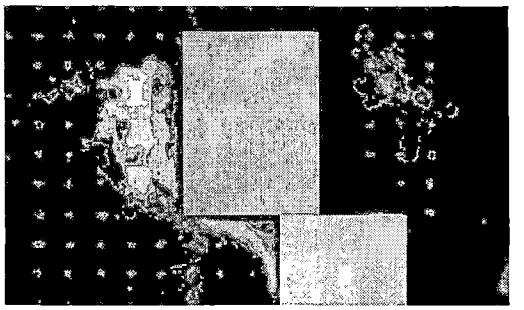


*Fig. 3.23 F1-1Xb(19,3/24,3/3,6/**17,7**)*

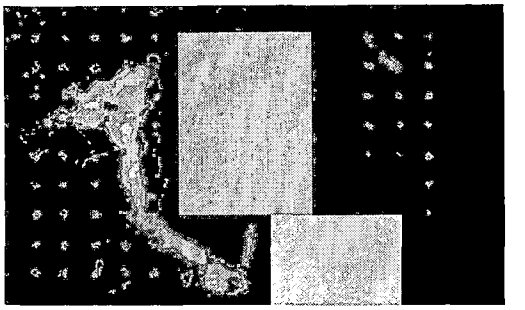


*Fig.3.24 F1-2Xb(14,8/19,4/0,5/**14,5**)*

Vent latéral

Pour un vent latéral L1, l'impact de la hauteur de 2Xb est encore une fois clairement exprimée par les patterns d'érosion fort différents dans la cour avant. Alors que 1Xb génère une zone de protection adéquate à l'angle intérieur des deux façades, l'addition à deux étages de 2Xb génère un fort vortex vertical qui balaie cette zone. L'espace résiduel encadré par trois façades est aussi totalement érodé par 2Xb alors que subsiste une accumulation en 1Xb. Les performances de ces deux configurations devraient être encore moindre compte tenu que les accumulations dans les cours arrières ont été considérée positives alors qu'en réalité, elles constituent des accumulations de type laminaire. Ces solutions sont de toute façon déjà très peu performantes.

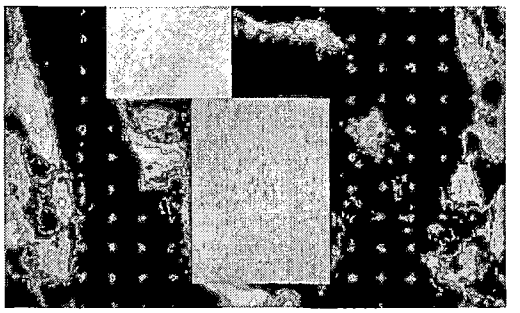


*Fig. 3.25 L1-1Xb(30,6/27,4/58,6/**8,0**)*

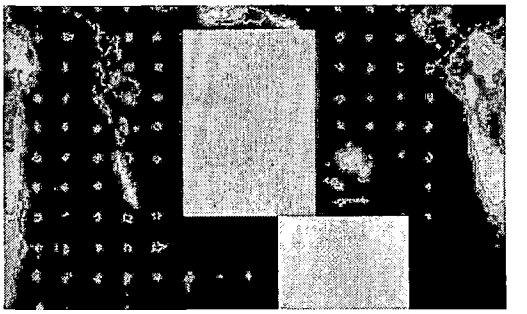


*Fig.3.26 L1-2Xb(18,5/15,3/39,9/**2,6**)*

Pour un vent latéral L2, 2Xb performe légèrement mieux que 1Xb en raison d'un meilleur déblaiement naturel de la rue causé par l'accélération et la turbulence plus importante lors du contournement de 2Xb par le vent. Ici encore, les performances devraient être beaucoup moindres compte tenu des accumulations laminaires dans les cours arrières. A noter que cette direction du vent favorise beaucoup plus le lot voisin que le lot à l'étude (voir L2-1Xb et L2-2Xb, Annexe E).

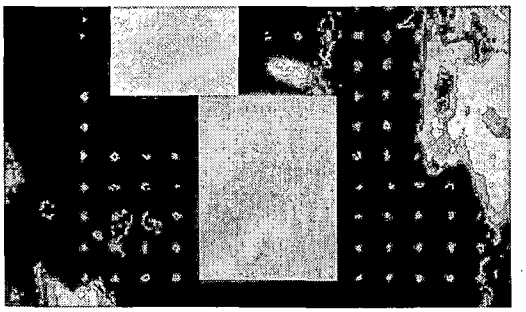


*Fig. 3.27 L2-1Xb(17,7/20,0/13,2/**12,0**)*

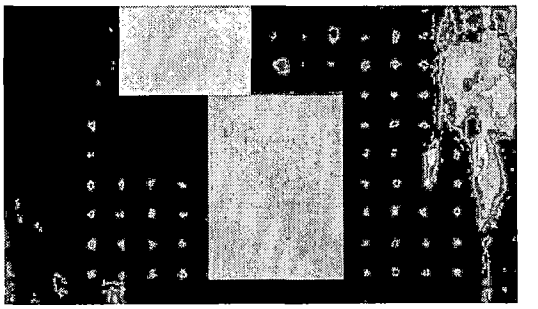


*Fig.3.28 L2-2Xb(14,7/18,3/3,2/**13,2**)*

Vent diagonal

Pour un vent diagonal D1, les performances de 1Xb et 2Xb sont similaires. La performance de 1Xb est légèrement supérieure à 2Xb encore une fois pour des raisons de minimisation de la turbulence en aval due à une silhouette plus basse, même si l'accumulation dans la rue y est plus importante.

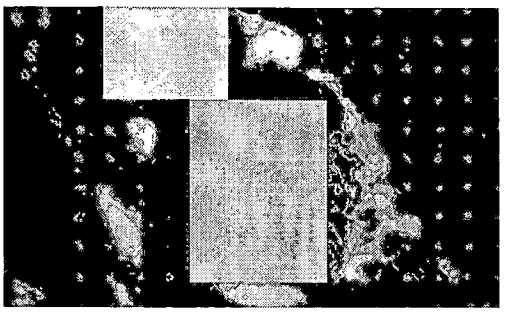


*Fig. 3.29 D1-1Xb(19,2/22,7/8,8/**15,3**)*

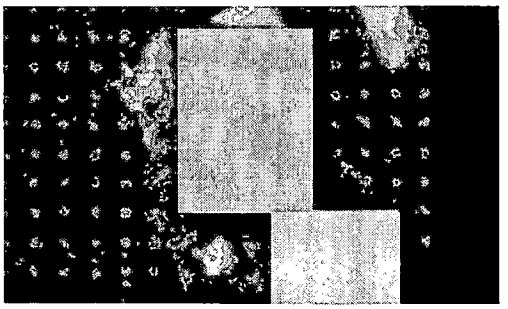


*Fig.3.30 D1-2Xb(15,3/19,6/1,8/**14,4**)*

Pour un vent diagonal D4, 1Xb parvient encore une fois à mieux contrôler la turbulence en aval et procure une enclave très bien protégée sur trois côtés. Aucuns résultats n'étant disponibles pour les directions de vent D2 et D3 de 2Xb, une analyse comparative est impossible pour ces directions de vent.

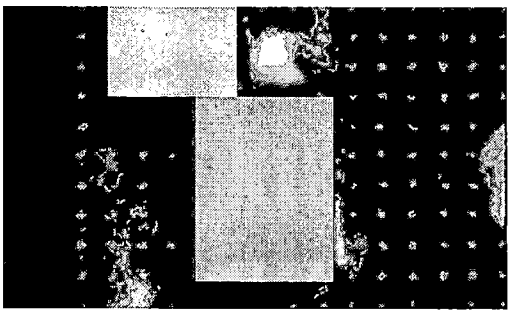


*Fig. 3.31 D4-1Xb(12,7/16,0/2,0/**11,8**)*

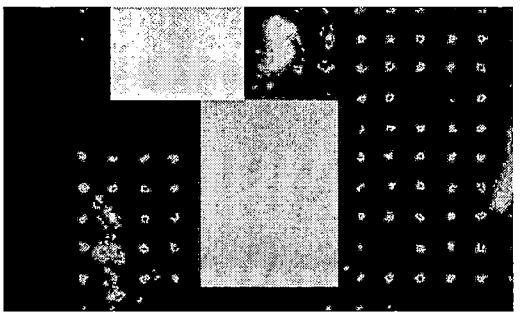


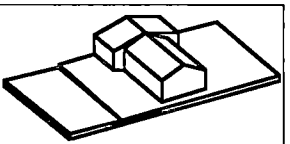
*Fig.3.32 D4-2Xb(7,7/9,9/0,5/**7,4**)*

Sommaire 1Xb/2Xb

La série d'expériences précédentes démontrent qu'il est préférable de conserver basse la silhouette des ajouts aux bâtiments existants pour éviter de trop fortes différences de pression entre l'aval et l'amont des obstacles. 1Xb performe systématiquement mieux en termes de protection contre le vent que 2Xb.

3.1.1.7 1Za (addition 1 étage 6m X16m alignée)

La configuration 1Za représente une addition alignée avec la bâtiment initial de 6mX16m d'un seul étage dans l'aire de stationnement.



Vent frontal

Pour un vent frontal F2, l'addition de 1Za ne modifie pas l'accumulation dans la cour avant par rapport à 1Aa mais libère complètement la rue. La présence de 1Za empêche donc la formation de l'effet deVenturi, tout comme 1R, entre les bâtiments voisins et évite ainsi le dépôt des particules dans la rue.

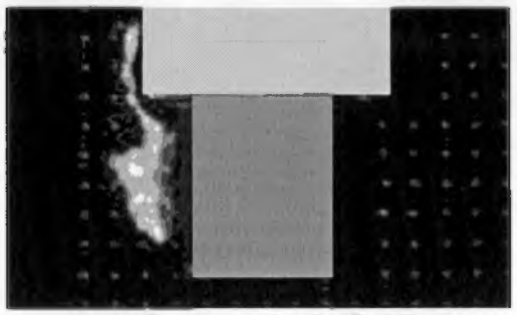


*Fig. 3.33 F2-1Za(12,8/15,1/8,5/**8,5**)*

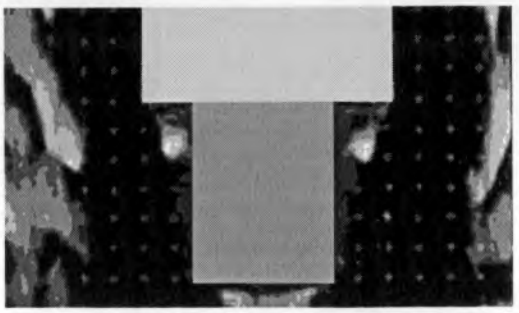


*Fig.3.34 L1-1Za(27,1/21,4/56,6/**-1,7**)*

Vent latéral

Pour un vent latéral L1, 1Za parvient à créer deux petites zones de protection dans les cours avant et arrière à l'angle du bâtiment principal et de l'ajout. Elles sont cependant minimisées par d'importantes accumulations de type laminaires dans la rue et dans la cour arrière. Pour un vent L2, 1Za n'offre aucune protection.

Vent diagonal

Pour un vent diagonal D3, l'ajout de 1Za semble plus positif pour le voisin que pour le lot d'étude (voir 1Za, Annexe E). Pour un vent diagonal D2, 1Za améliore beaucoup la protection de la cour avant comparativement à 1Aa.

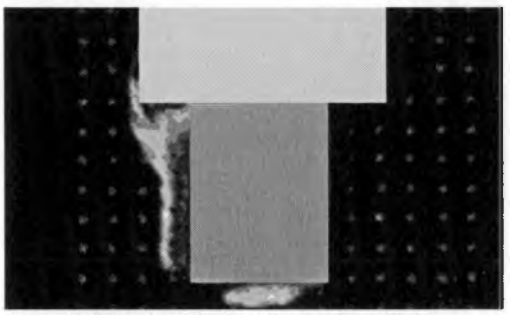


*Fig. 3.35 D2-1Za(9,2/11,7/3,4/**7,3**)*

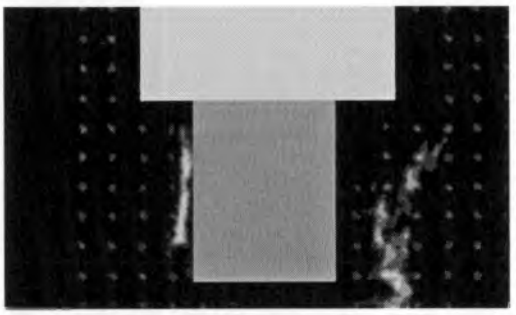


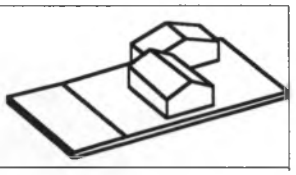
*Fig.3.36 D3-1Za(9,5/12,2/3,1/**7,7**)*

Sommaire 1Za

L'ajout de 1Za améliore considérablement la performance de 1Aa pour un vent frontal.

3.1.1.8 1Zb (addition 1 étage 6m X16m non-alignée)

La configuration 1Zb représente la configuration 1Za déplacée vers la cour arrière de 6m. Cette configuration rappelle 1Xb mais produit un allongement perpendiculaire plus important par rapport au bâtiment de base.



Vent frontal

Pour un vent frontal F1, l'addition de 1Zb empêche le retour de l'écoulement en aval et permet ainsi de créer le pattern d'érosion asymétrique dans la cour arrière comblant l'angle droit formé par les deux ailes de bâtiments. Pour un vent opposé, la protection ne se situe que dans la cour avant et de façon moins étendue.

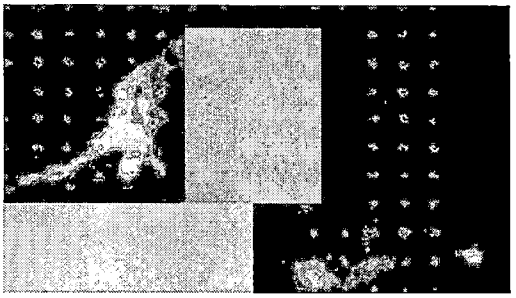


*Fig. 3.37 F1-1Zb(13,6/16,1/12,1/**4,9**)*

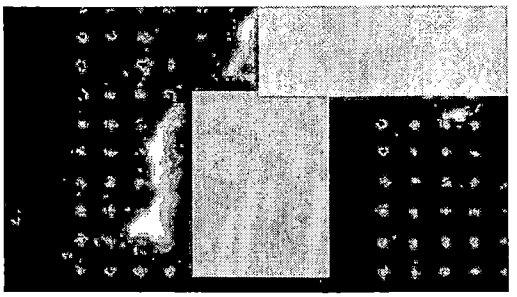


*Fig.3.38 F2-1Zb(12,0/13,7/11,3/**4,1**)*

Vent latéral

Pour un vent latéral L1, 1Zb procure une protection importante de la cour arrière qui cependant contrebalancée par une accumulation laminaire importante dans la rue. En L2, l'accumulation est encore une fois laminaire et induit une valeur fausse de performance qui devrait être bien inférieure à L1.

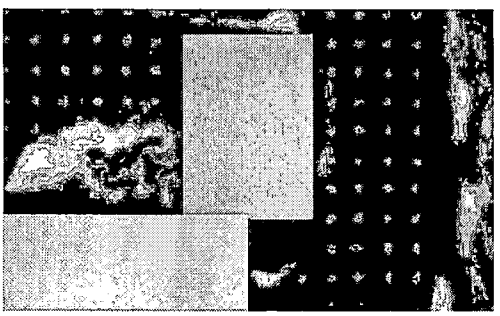


*Fig. 3.39 L1-1Zb(21,1/19,1/29,7/**-0,1**)*

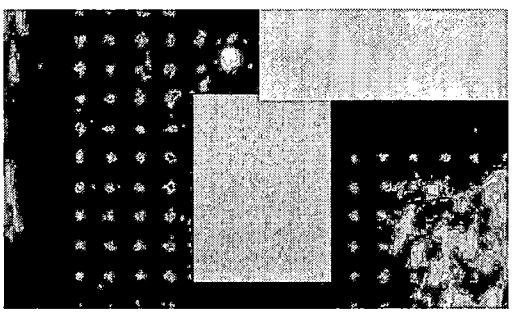


*Fig.3.40 L2-1Zb(18,7/21,9/16,0/**7,1**)*

Vent diagonal

Pour des vents diagonaux D1, D2, D3 et D4, l'addition de 1Zb semble dans tous les cas exacerber de puissants vortex en aval du bâtiment et limite toute accumulation à des accumulations ponctuelles de faible indice de protection.

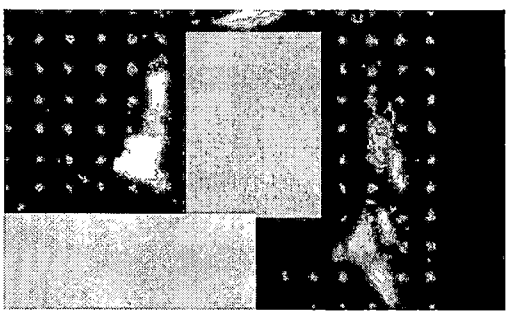


*Fig. 3.41 D1-1Zb(10,9/13,0/10,5/**3,7**)*

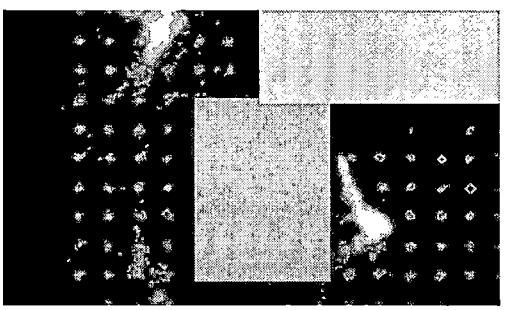


*Fig.3.42 D4-1Zb(10,7/12,1/11,5/**2,8**)*

Sommaire 1Zb

L'ajout d'une extension allongée de 6m X16m dans l'aire de stationnement, alignée et non-alignée par rapport à l'axe de symétrie du bâtiment existant, n'améliore toujours pas significativement la performance de l'ensemble par rapport à la configuration de base 1Aa.

3.1.1.9 Classification -Densification du bâti

Le tableau 3.2 présente le classement relatifs des différentes configurations de densification du bâti en fonction de quatre critères d'évaluation:

- la protection globale pour le lot entier (total),
- la protections des espaces de détente (cours),
- la protection des espaces de circulations (circu.) et
- leur indice de performance combiné (perform.).

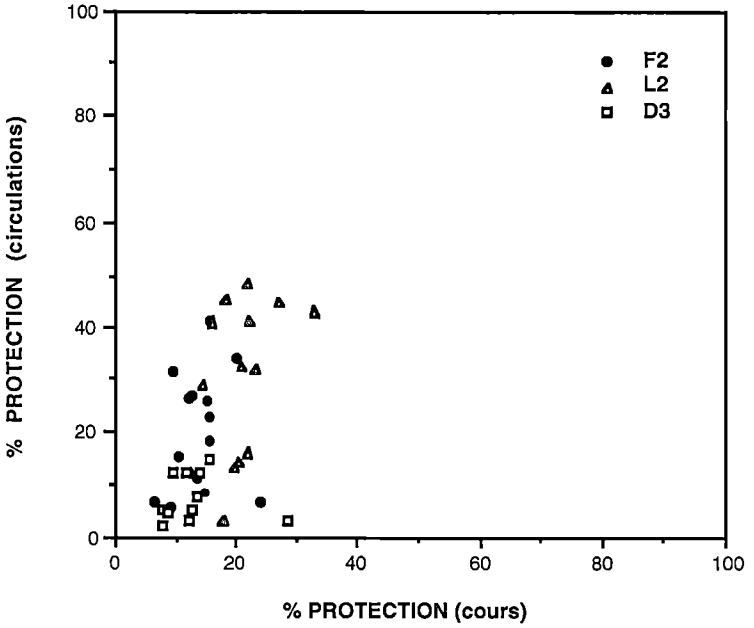
Une colonne supplémentaire à droite de chaque colonne de critères indique le rang relatif de chaque configuration en ordre décroissant pour ce critère spécifique sauf pour le critère de protection des circulations qui apparaît en ordre croissant, une faible valeur étant jugée plus performante en terme de déblaiement naturel par le vent. Les configurations sont présentées en ordre décroissant de performance combinée mais peuvent être comparées selon les trois autres critères.

Dir.	Config.	Total	rg	Cours	rg	Circu.	rg	Perform.	rg
D3	1Xb	22,4	1	28,7	1	3,1	2	21,1	1
D3	2Aa	11,5	4	12,0	7	12,2	9	11,0	2
D3	1Za	9,5	7	12,2	6	3,1	3	7,7	3
D3	2Ab	9,8	6	12,8	5	5,1	5	6,0	4
D3	1Ab	11,4	5	13,8	4	7,6	7	5,9	5
D3	1Aa	14,1	2	16,0	2	14,9	11	4,6	8
D3	1Xa	7,2	9	8,6	9	4,4	4	4,6	7
D3	1R	6,0	11	7,9	11	2,2	1	4,6	6
D3	2Yb	12,9	3	14,0	3	12,2	10	4,4	9
D3	2Xa	7,2	10	8,1	10	5,1	6	4,1	10
D3	1Zb	9,3	8	9,7	8	12,1	8	1,3	11
F2	1Aiso	16,8	5	24,2	1	6,6	2	12,9	1
F2	1Za	12,8	10	15,1	7	8,5	4	8,5	2
F2	1Xb	21,9	1	20,4	2	34,2	14	7,7	3
F2	1R	15,1	7	15,8	5	18,4	8	5,1	4
F2	1Zb	12,0	11	13,7	8	11,3	5	4,1	5
F2	2Aiso	7,4	14	9,2	14	5,6	1	3,8	6
F2	2Aa	11,3	13	12,1	11	12,3	6	3,6	7
F2	2Xb	19,3	2	16,1	3	41,4	15	2,8	8
F2	2Ab	6,7	15	6,8	15	6,7	3	1,7	9
F2	1Aa	17,1	4	15,8	4	23,0	9	1,4	10
F2	2Yb	11,6	12	10,6	12	15,3	7	0,8	11
F2	1Xa	14,6	8	12,1	10	26,6	11	0,4	12
F2	1Ab	17,9	3	15,4	6	26,1	10	0,3	13
F2	1V	15,9	6	13,1	9	26,8	12	-1,5	14
F2	2Xa	13,5	9	9,9	13	31,3	13	-2,5	15
L2	2Xb	14,7	13	18,3	10	3,2	1	13,2	1
L2	1Xb	17,7	10	20,0	9	13,2	2	12,0	2
L2	2Xa	17,9	11	20,5	8	14,3	3	9,9	3
L2	1Zb	18,7	9	21,9	6	16,0	4	7,1	4
L2	1V	34,8	1	33,0	1	43,1	11	6,2	5
L2	1Aa	30,3	2	27,2	2	44,7	10	2,5	6
L2	1Ab	24,4	5	23,4	3	32,3	6	2,5	7
L2	1Za	16,6	12	14,8	13	28,8	5	1,9	8
L2	2Ab	22,5	7	20,9	7	32,7	7	1,1	9
L2	2Yb	26,6	4	22,4	4	41,2	9	-2,4	11
L2	1R	24,0	6	18,7	11	45,2	12	-2,4	10
L2	1Za	21,2	8	16,5	12	41,0	8	-24,5	12
L2	1R	27,2	3	22,2	5	48,1	13	-25,8	13

Tableau 3.2 Tableau comparatifs des résultats pour la densification du bâti.

Il est intéressant de noter que les configurations offrant les plus hautes valeurs de protection globale du lot ne se classent pas automatiquement les plus performantes mais dépendent

beaucoup des valeurs de protection des circulations et des cours. De façon générale, les configurations offrant les plus hautes valeurs de protection des cours performent le mieux sauf pour la direction de vent latérale L2. Le tableau indique que 1Xb se classe parmi les trois plus performantes configurations pour les trois directions de vent.



Graphique 3.1 Graphique de la protection des circulations en fonction de la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour différents types de densification du bâti.

Le graphique 3.1 intègre les deux plus importants critères d'évaluation de la performance des configurations soit le pourcentage de protection des circulations (circu.)en ordonnée et le pourcentage de protection des espaces de détentes (cours) en abscisse. La zone inférieure droite du graphique constitue la zone optimale de performance où les configurations procurent à la fois la protection maximale contre le vent des espaces de détentes extérieur et le déblaiement naturel maximal par le vent des espaces de circulation.

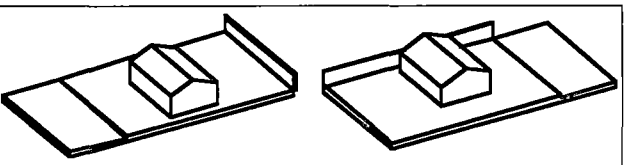
Le graphique 3.1 illustre clairement que la densification de bâti à elle seule ne peut parvenir à améliorer sensiblement les microclimats de la banlieue. Seul 1Xb se démarque d'un groupe de valeurs très compact.

3.1.2 Ajout de barrières brise-vent

Les barrières brise-vent sont un dispositif courant de contrôle du vent et de l'enneigement. Les barrières brise-vent sont le plus souvent de hauteur limitée et son utilisée en campagne ou en périphérie des autoroutes pour contrôler les vents latéraux et l'enneigement de la chaussée. De nombreux chercheurs ont démontrés que le degré de porosité du brise-vent est un facteur déterminant de sa performance. Un brise-vent opaque produit généralement une accumulation plus courte et plus haute accompagnée d'un dégagement immédiatement en aval de ce dernier alors que le brise-vent poreux produit une accumulation plus longue et mois haute sans dégagement derrière ce dernier. Le dégagement en aval est dû à la plus grande différence de pression et donc création de turbulence.

3.1.2.1 BV0 / BV40 / BV80

Trois brise-vent de porosité différentes de 0%, 40% et 80% et d'une hauteur de 2,5m sont étudiés pour deux positions types sur ligne de lot arrière et ligne de lot latérale.



Vent frontal F2

Pour un vent frontal F2, un brise-vent de porosité 40% en situation isolée (BV40iso, fig.3.43) produit une zone de protection bien délimitée correspondant à 4 fois sa hauteur avec un dégagement considérable immédiatement en aval de la barrière. Lorsqu'introduit dans un contexte de densité faible de la banlieue (BV40ar, fig.3.44), sa performance est considérablement réduite, passant de 23,1 en situation isolée à 9,5 en situation de banlieue. La turbulence provoquée par le contournement des bâtiments en amont est responsable de ce comportement. BV40ar ne parvient pas à 'hacher' la turbulence et les accélérations locales produites par le milieu construit. La présence du bâtiment en aval contribue aussi au dégagement de la cour arrière. Un brise-vent deux fois plus poreux (BV80ar) (fig. 3.45), se comporte relativement de la même manière en situation de banlieue. A noter que le dégagement immédiatement derrière la barrière est ici beaucoup moins important. L'indice de protection de l'accumulation est aussi supérieur, ce qui indique une turbulence réduite. L'accumulation dans la rue, plus importante qu'en BV40ar traduit aussi ce meilleur contrôle de la turbulence.

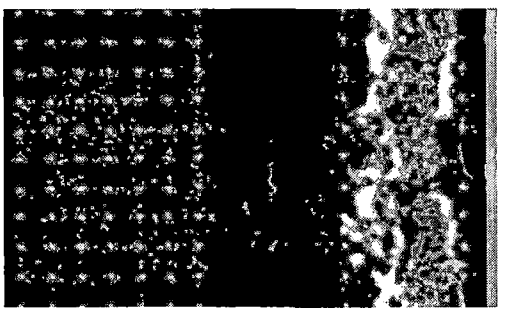


*Fig.3.43 F2-BV40iso(19,3/45,9/15,8/**23,1**)*

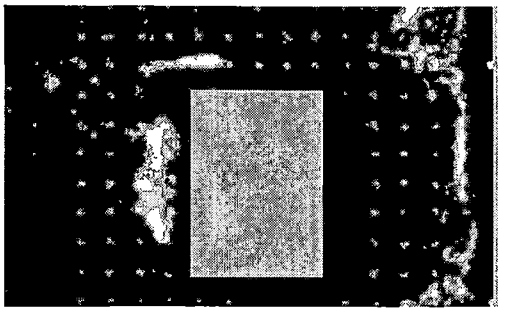


*Fig.3.44 F2-BV40ar(29,3/31,0/28,5/**9,5**)*

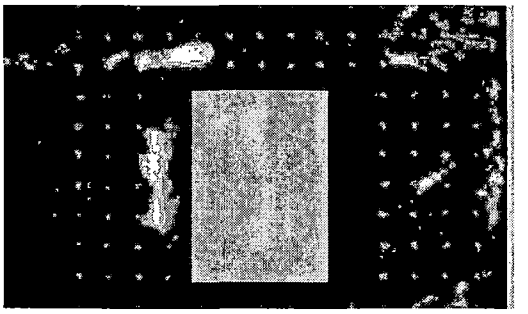


*Fig.3.45 F2-BV80ar(39,1/40,1/40,5/**10,3**)*

Vent latéral L2

Pour un vent latéral L2, les trois degrés de porosité ont été simulés. Les figure 3.46 à 3.48 illustrent clairement la performance des brise-vent en fonction de leur porosité. L'amplitude de l'étendue de l'accumulation globale ainsi que la performance progresse proportionnellement à la porosité de cette dernière. Alors que BV0I produit une accumulation compacte et haute, BV40I et plus particulièrement BV80I produisent une accumulation toute en longueur et basse. L'indice de protection de l'accumulation est aussi supérieur dans ces deux derniers cas et illustre la capacité de la barrière brise-vent poreuse à contrôler turbulence et accélération du vent. Néanmoins, dû à leur hauteur limitée par rapport au bâtiment en aval, un important rouleau tourbillonnaire se crée au pied de la façade au vent et contribue au dégagement des cours avant et arrière dans les trois cas. BV80I est la barrière la plus performante malgré une accumulation plus importante dans la rue. Les mêmes observations s'appliquent sous un vent diagonal tel qu'illustré en Annexe E.

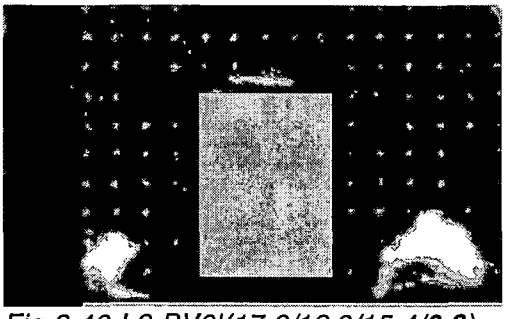


*Fig.3.46 L2-BV0I(17,6/19,6/15,4/**6,3**)*

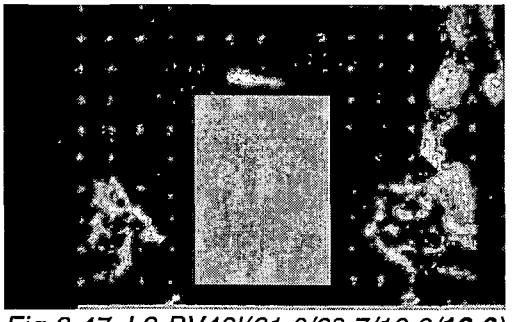


*Fig.3.47 L2-BV40I(21,0/28,7/10,9/**12,6**)*

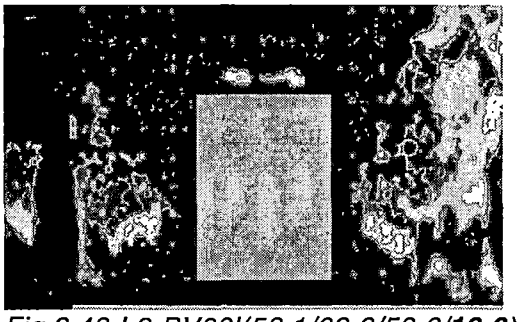


*Fig.3.48 L2-BV80I(58,1/62,2/53,6/**19,6**)*

Sommaire BV

Les quelques expériences menées sur les brise-vent permettent de conclure que leur performance est intimement liée à leur porosité.

Les barrières brise-vent sont peu utilisées en contexte urbain dû à leur aspect esthétique souvent jugé peu attrayant mais elles méritent d'être considérées, ne serait-ce que pour un

usage temporaire en attendant l'âge mature de brise-vent végétaux. Peu d'expériences ont été menées sur ce type de dispositifs en contexte urbain mais une littérature importante existe à leur sujet en milieu ouvert. Les expériences précédentes confirment en quelque sorte les résultats des recherches antérieures mais expriment aussi clairement l'influence du contexte bâti sur la performance des barrières brise-vent.

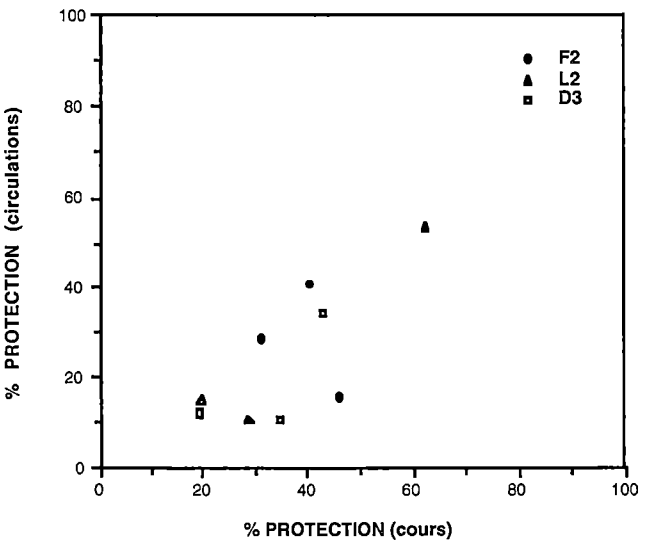
3.1.2.2 Classification -Ajout de barrières brise-vent

Le tableau 3.3 indique que la barrière brise-vent poreuse à 80% constitue le moyen le plus performant pour toute direction de vent de protéger les cours et de déblayer naturellement les circulations.

Dir.	Config.	Total	*rg*	Cours	*rg*	Circu.	*rg*	Perform.	*rg*
D3	BV80ar	38,8	*1*	42,9	*1*	34,1	*3*	15,0	*1*
D3	BV0ar	20,9	*2*	34,7	*2*	10,9	*1*	10,2	*2*
D3	BV40ar	15,9	*3*	19,2	*3*	11,9	*2*	8,0	*3*
F2	BV40iso	34,4	*2*	45,9	*1*	15,8	*1*	23,1	*1*
F2	BV80ar	39,1	*1*	40,1	*2*	40,5	*3*	10,3	*2*
F2	BV40ar	29,3	*3*	31,0	*3*	28,5	*2*	9,5	*3*
L2	BV80I	58,1	*1*	62,2	*1*	53,6	*3*	19,6	*1*
L2	BV40I	21,0	*2*	28,7	*2*	10,9	*1*	12,6	*2*
L2	BV0I	17,6	*3*	19,6	*3*	15,4	*2*	6,3	*3*

Tableau 3.3 Tableau comparatif des résultats pour l'ajout de barrières brise-vent.

Le graphique 3.2 indique la nette amélioration de performance par l'ajout de barrières brise-vent comparativement à la densification du bâti. Tous les points se situe en effet en dessous de la ligne de diagonale zéro et représentent donc des performances mitigées mais à tout la moins positives. Cependant, le caractère esthétique des barrières brise-vent limite leur hauteur et on ne peut malheureusement pas espérer de plus grandes performances de leur part.



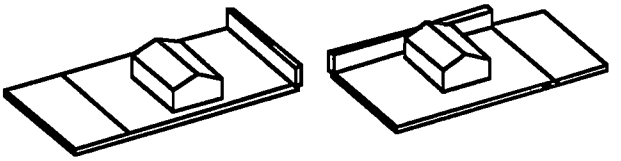
Graphique 3.2 Graphique de la protection des circulations en fonction de la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour l'ajout de barrières brise-vent.

3.1.3 Ajout de brise-vent végétaux

Les résultats des sections précédentes suggèrent que le degré de rugosité/porosité des obstacles détermine grandement leur capacité à ralentir l'écoulement. Cette section étudiera donc le potentiel d'obstacle poreux tels les végétaux à freiner l'écoulement libre du vent mais aussi à hacher la turbulence en aval des obstacles. Parmi ces brise-vent végétaux, des haies de différentes hauteurs et des arbres isolés et/ou en combinaisons seront testés. Le nombre de directions de vent seront limitées car les possibilités deviennent ici très nombreuses et cette recherche n'a pas pour but de simuler toutes les conditions de vent possibles.

3.1.3.1 H3

H3 consiste en l'addition d'une haie d'une densité de 80% et d'une hauteur de 3m sur la ligne de lot arrière (ar) ou latérale (l). Solution très courante.



H3iso / H3/60ar

Pour un vent frontal F2, la figure 3.49 illustre le pattern d'érosion d'une haie isolée sur le lot type sans bâtiment. L'accumulation de couleur gris foncé indique bien que les particules se sot déposée librement en chute verticale et donc que l'indice de protection est maximal. H3iso offre une très bonne protection de la cour arrière sur plus de 82% de sa surface. La figure 3.50 illustre la performance d'une haie de la même hauteur mais en présence d'un bâtiment type. La haie réussit à freiner l'écoulement en aval pour une courte distance mais ce dernier se rabat rapidement au sol et frappe le bâtiment. La pression positive et le rouleau tourbillonnaire empêche donc toute accumulation près de la façade arrière du bâtiment. La performance de H3/60ar est donc réduite de plus de la moitié par rapport à H3iso.

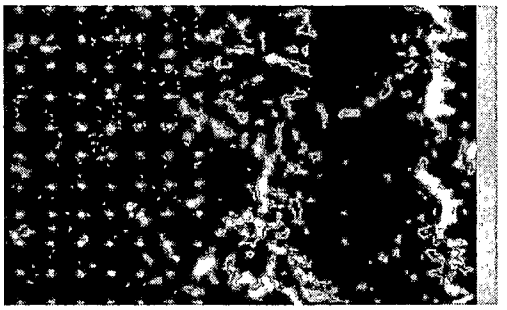


*Fig.3.49 F2-H3iso (57,1/67,0/40,8/**29,6**)*

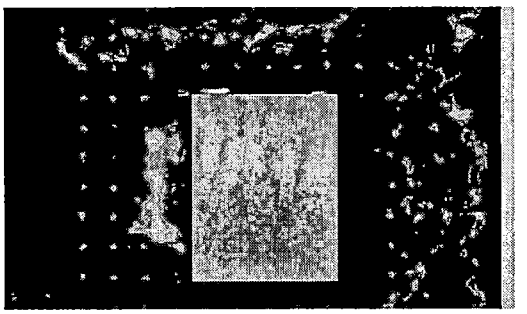


*Fig.3.50 F2-H3/60ar (33,3/38,4/27,6/**12,8**)*

H3/28l

Pour un vent latéral L2, une haie H3/28l procure une très bonne protection contre le vent dans les espaces de détente extérieurs et un très bon déblaiement naturel de la neige au niveau des espaces de circulation comme le démontre la figure 3.51. La performance est très importante tout en conservant une barrière physique limitée. Sous un vent diagonal D3, H3/28l s'avère beaucoup moins performante mais ceci est principalement dû à l'absence de haie sur la ligne de lot arrière. La performance demeure somme toute très appréciable comparativement aux simulations des sections précédentes.

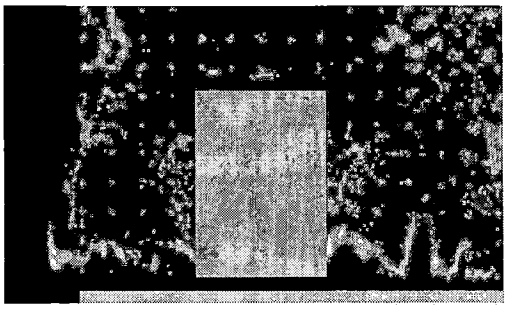


*Fig.3.51 L2-H3/28l (52,0/68,9/26,7/**33,2**)*

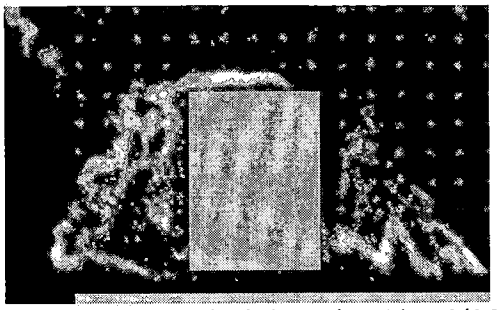


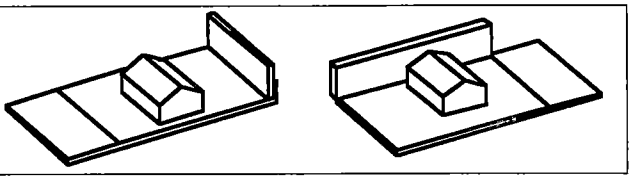
*Fig.3.52 D3-H3/28l (33,0/40,1/26,6/**14,7**)*

Sommaire H3

L'ajout d'une haie de 3n de hauteur augmente de façon importante la performance de l'ensemble. Ce dispositif minimal offre en effet un rapport coût/efficacité très intéressant.

3.1.3.2 H6

H6 consiste en l'addition d'une haie d'une densité de 80% et d'une hauteur de 6m sur la ligne de lot arrière (ar) ou latérale (l). Une haie mature peut atteindre cette hauteur.



H6iso / H6/60ar

Pour un vent frontal F2, H6iso et H6/60ar possèdent des indice de performance similaires. H6/60ar offre une performance impressionnante de 23,1 ce qui le place au premier rang des correctifs individuels. En terme strictement de protection contre le vent, H6/60ar protège plus de 60% de toute la surface étudiée. A noter que la zone d'érosion le long de la façade arrière du bâtiment est inférieure à celle de H3/60ar et que la protection de la cour avant est grandement améliorée.

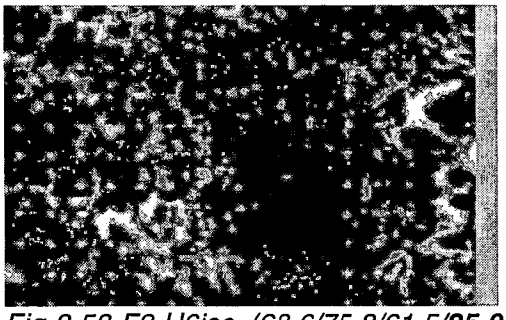


*Fig.3.53 F2-H6iso (68,6/75,8/61,5/**25,0**)*

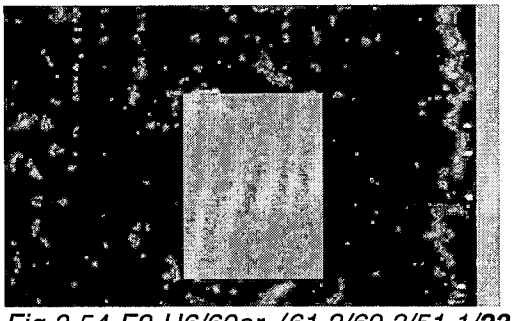


*Fig.3.54 F2-H6/60ar (61,2/69,3/51,1/**23,1**)*

H6/28l

Pour un vent latéral L2 et un vent diagonal D3, H6/28l performe beaucoup moins bien que H3/28l en raison encore une fois de l'importante accumulation dans la rue et dans le stationnement. Autrement, dans les deux cas, la protection contre le vent dans les espaces de détente est comparable à H3/28l.

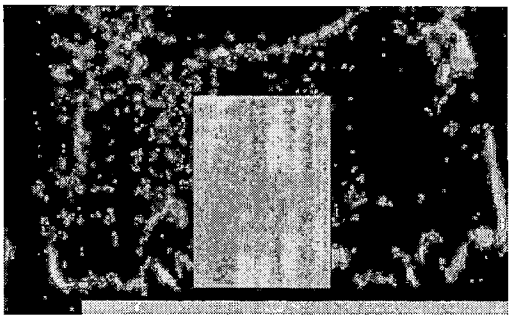


*Fig.3.55 L2-H6/28l (68,1/75,0/63,9/**20,7**)*

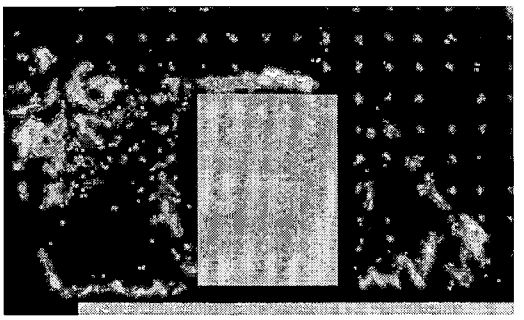


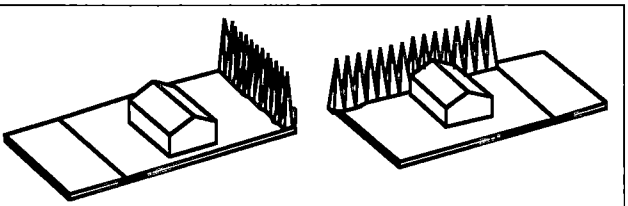
*Fig.3.56 D3-H6/60ar (42,9/46,4/44,6/**12,1**)*

Sommaire H6

L'ajout d'une haie de 6m de hauteur est particulièrement performant pour un vent frontal où il permet une protection quasi optimale des cours et un déblaiement naturel très acceptable des circulations.

3.1.3.3 H9

H6 consiste en l'addition d'une rangée de conifères isolés d'une densité variable et d'une hauteur de 9m sur la ligne de lot arrière (ar) ou latérale (l). Une haie de sapins matures peut atteindre cette hauteur.



H9iso / H9/60ar

Pour un vent frontal F2, H9/60ar performe légèrement moins bien que H9iso en raison principalement du dégagement au pied de la façade arrière du bâtiment. En termes de protection contre le vent, H9/60ar protège 83% de toute la superficie du lot étudié. La couleur gris foncé du pattern d'accumulation illustre une fois de plus que l'indice de protection est maximal et que l'écoulement libre et la turbulence sont pratiquement annulés.

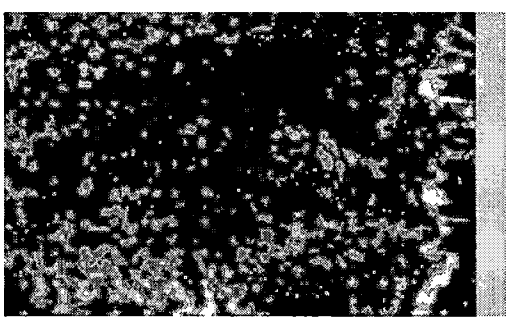


*Fig.3.57 F2-H9iso (81,7/79,4/90,1/**16,4**)*

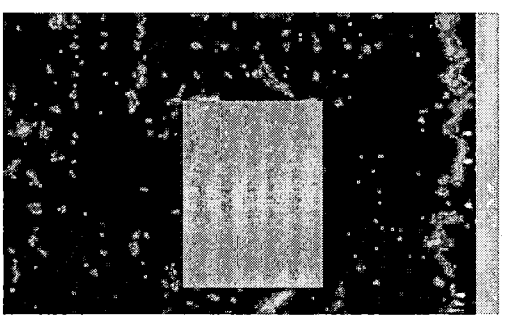


*Fig.3.58 F2-H9/60ar (83,0/81,0/88,3/**15,4**)*

H9/28l

Pour un vent latéral L2, H9/28l performe similairement à H6/28l. Sa plus grande hauteur semble être responsable d'une accélération de l'écoulement et d'une érosion presque complète de la surface de la rue alors que le stationnement accueille la même accumulation. La présence de zones d'érosion au centre des cours avant et arrière est probablement due à la nature variable de la densité en fonction de la hauteur de cette 'haie' de conifères isolés. Pour un vent diagonal D3, l'accumulation importante dans la rue combinée à un érosion importante dans la cour arrière se traduit par un indice de performance mitigé, le plus bas de la série d'expériences sur les haies.

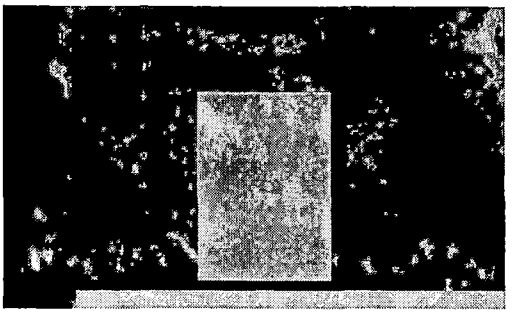


*Fig.3.59 L2-H9/28I (60,1/66,3/52,5/**21,3**)*

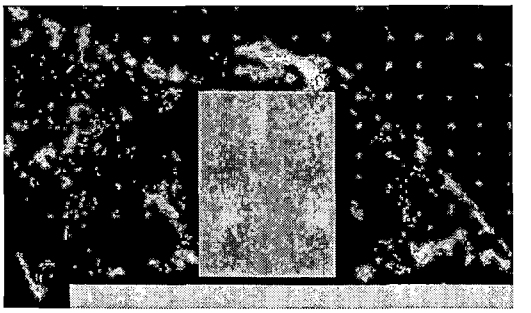


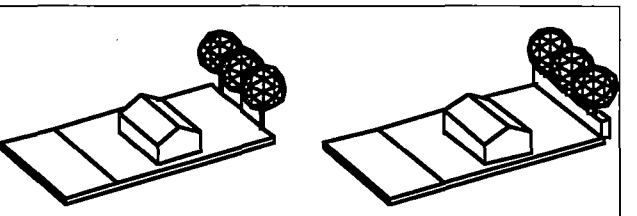
*Fig.3.60 D3-H9/28I(58,2/56,4/69,5/**8,3**)*

Sommaire H9

Une haie de conifère isolés de 9m de hauteur procure, pour un vent frontal, une protection de plus de 80% de la surface du lot étudié. Cependant, l'accumulation dans les espaces de circulations est négative et diminue considérablement la performance combinée de H9.

3.1.3.4 3Far / 3Far+H3 / 3Fav

3Far consiste en la plantation de trois feuillus matures de 9 m de hauteur et d'un diamètre de 7m sur la ligne de lot arrière. 3Far+H3 représente la configuration précédente augmentée d'une haie de 3m de hauteur. 3Fav, non illustré, représente l'ajout de trois feuillus à 2m de la ligne de lot avant.



Pour un vent frontal F2, 3Far n'améliore pas la protection contre le vent de la cour arrière mais améliore considérablement celle de la cour avant et de la rue comparativement à 1Aa. 3Far parvient donc bien à ralentir l'écoulement du vent à une hauteur correspondant à son ramage mais ne réduit pas et augmente probablement par effet de contournement la vitesse de l'écoulement au sol immédiatement en aval. L'indice de performance très bas traduit ce pattern. L'ajout d'une haie au pied des trois feuillus permet d'améliorer considérablement la protection contre le vent dans la cour arrière qui passe de 10,4% de sa surface protégée à près de 50%. L'accumulation dans la rue augmente cependant proportionnellement de 49% à 89%, ce qui limite considérablement la performance combinée.

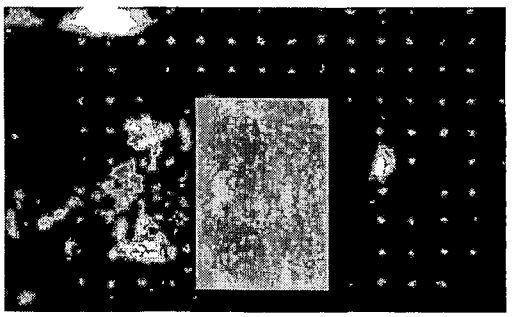


*Fig.3.61 F2-3Far (30,3/26,0/43,3/**0,3**)*

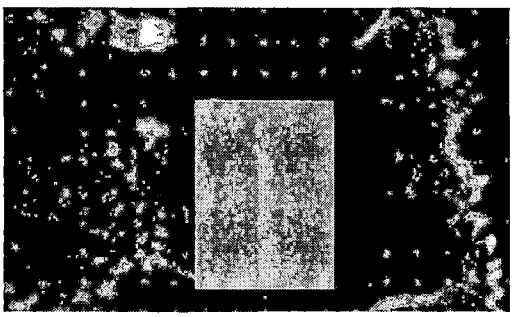


*Fig.3.62 F2-3Far+H3(65,0/60,7/77,3/**7,1**)*

Sommaire 3F

L'ajout de feuillus en périphérie du lot d'étude n'a pas permis d'augmenter significativement la performance mais les résultats suggèrent que sur une grande échelle, ce type de plantation pourrait augmenter considérablement le protection contre le vent. En Annexe E, les résultats de

3Fav (trois feuillus à 2m de la ligne de lot avant) indiquent clairement l'effet de contournement vers le bas des arbres à ramage haut et l'érosion presque complète de la cour avant. A noter cependant que l'étendue de l'accumulation derrière le bâtiment directement en aval est augmentée de façon importante. Cet observation suggère que l'usage de feuillus dans plusieurs rues voisines génère un ralentissement très important de la vitesse de l'écoulement et de la turbulence du vent au détriment du déblaiement naturel par le vent de la neige.

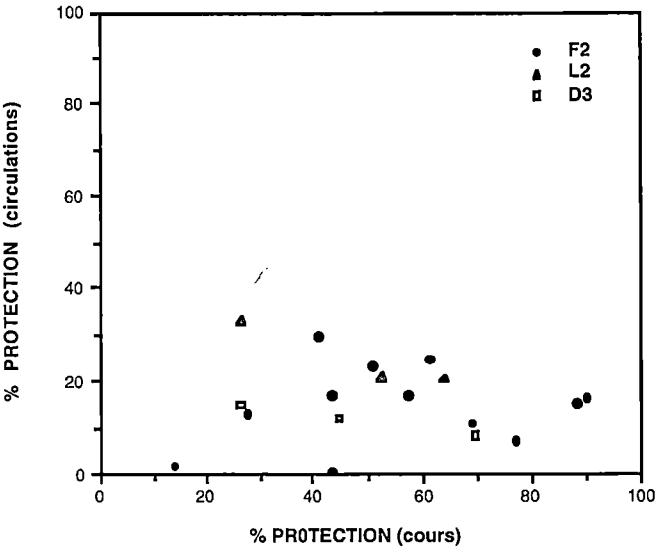
3.1.3.5 Classification -Ajout de brise-vent végétaux

Les valeurs de performances combinées du tableau 3.4 illustrent à quel point l'ajout de brise-vent végétaux est efficace pour contrôler à la fois les aspects négatifs et positifs du vent. La performance des brise-vent végétaux varie beaucoup en fonction de la direction du vent. Ainsi, pour un vent frontal, H6 constitue de loin la meilleure configuration à adopter tandis que pour des vents latéral et diagonal, H3 semble être plus performante. Le tableau indique aussi que les feuillus présente peu d'intérêts pour le lot d'étude proposé.

Dir.	Config.	Total	*rg*	Cours	*rg*	Circu.	*rg*	Perform.	*rg*
D3	H3/28l	33,0	*3*	40,1	*3*	26,6	*1*	14,7	*1*
D3	H6/28l	42,9	*2*	46,4	*2*	44,6	*2*	12,1	*2*
D3	H9/28l	58,2	*1*	56,4	*1*	69,5	*3*	8,3	*3*
F2	H3/24iso	57,1	*8*	67,0	*5*	40,8	*3*	29,6	*1*
F2	H6/24iso	68,6	*3*	75,8	*3*	61,5	*8*	25,0	*2*
F2	H6/60ar	61,2	*5*	69,3	*4*	51,1	*6*	23,1	*3*
F2	H6/20ar	47,1	*9*	52,6	*9*	43,3	*4*	16,9	*4*
F2	H3/20ar	57,7	*7*	61,4	*6*	57,2	*7*	16,7	*5*
F2	H9/24iso	81,7	*2*	79,4	*2*	90,1	*12*	16,4	*6*
F2	H9/60ar	83,0	*1*	81,0	*1*	88,3	*11*	15,4	*7*
F2	H3/60ar	33,3	*10*	38,4	*10*	27,6	*2*	12,8	*8*
F2	H9/20ar	60,3	*6*	58,0	*8*	69,1	*9*	10,7	*9*
F2	3Far+H3	65,0	*4*	60,7	*7*	77,3	*10*	7,1	*10*
F2	3Fav	12,0	*12*	11,4	*12*	14,3	*1*	1,7	*11*
F2	3Far	30,3	*11*	26,0	*11*	43,3	*5*	0,3	*12*
L2	H3/28l	52,0	*3*	68,9	*2*	26,7	*1*	33,2	*1*
L2	H9/28l	60,1	*2*	66,6	*3*	52,5	*2*	21,3	*2*
L2	H6/28l	68,1	*1*	75,0	*1*	63,9	*3*	20,7	*3*

Tableau 3.4 Tableau comparatif des résultats pour l'ajout de brise-vent végétaux

Le graphique 3.3 démontre hors de tout doute que les brise-vent végétaux constitue la meilleure façon de répondre au caractère paradoxal du vent en milieu suburbain. Non seulement tous les points se situent-ils sous la diagonale zéro mais plusieurs configurations se situent dans l'extrême zone inférieure droite de la performance optimale. Ces résultats confirment le besoins d'augmenter la porosité du paysage de la banlieue pour littéralement 'hacher' la turbulence causée par l'aménagement dispersé pavillonnaire.



Graphique 3.3 Graphique de la protection des circulations en fonction de la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour l'ajout de brise-vent végétaux.

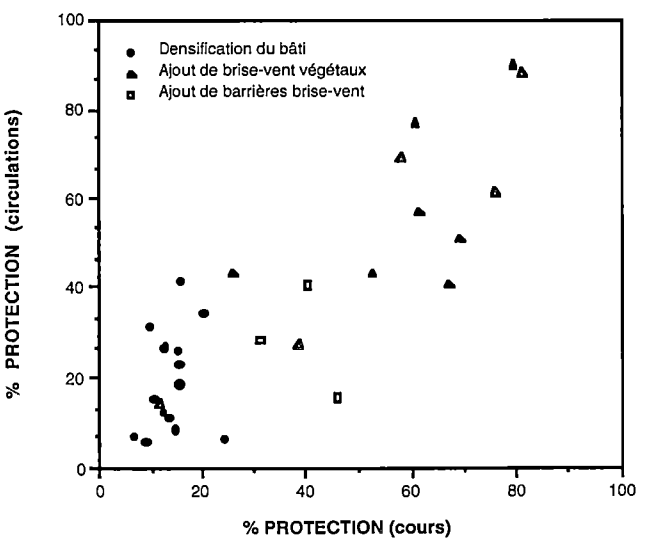
3.1.4 Conclusions -Analyse individuelle

Les trois séries de tableaux et de graphiques suivants sont compilés en fonction des trois directions de vent principales simulées. Ils permettent de constater rapidement le classement relatif de toutes les configurations étudiées.

3.1.4.1 F2

Dir.	Config.	Total	rg	Cours	rg	Circu.	rg	Perform.	rg
F2	**H3/24Iso**	**57,1**	*8*	**67,0**	*5*	**40,8**	*20*	**29,6**	*1*
F2	**H6/24Iso**	**68,6**	*3*	**75,8**	*3*	**61,5**	*26*	**25,0**	*2*
F2	**H6/60ar**	**61,2**	*5*	**69,3**	*4*	**51,1**	*24*	**23,1**	*4*
F2	*BV40iso*	*34,4*	*11*	*45,9*	*10*	*15,8*	*9*	*23,1*	*3*
F2	**H6/20ar**	**47,1**	*9*	**52,6**	*9*	**43,3**	*22*	**16,9**	*5*
F2	**H3/20ar**	**57,7**	*7*	**61,4**	*6*	**57,2**	*25*	**16,7**	*6*
F2	**H9/24Iso**	**81,7**	*2*	**79,4**	*2*	**90,1**	*30*	**16,4**	*7*
F2	**H9/60ar**	**83,0**	*1*	**81,0**	*1*	**88,3**	*29*	**15,4**	*8*
F2	1Aiso	16,8	*19*	24,2	*15*	6,6	*2*	12,9	*9*
F2	**H3/60ar**	**33,3**	*12*	**38,4**	*12*	**27,6**	*15*	**12,8**	*10*
F2	**H9/20ar**	**60,3**	*6*	**58,0**	*8*	**69,1**	*27*	**10,7**	*11*
F2	*BV80ar*	*39,1*	*10*	*40,1*	*11*	*40,5*	*19*	*10,3*	*12*
F2	*BV40ar*	*29,3*	*14*	*31,0*	*13*	*28,5*	*16*	*9,5*	*13*
F2	1Za	12,8	*24*	15,1	*21*	8,5	*4*	8,5	*14*
F2	1Xb	21,9	*15*	20,4	*16*	34,2	*18*	7,7	*15*
F2	**3Far+H3**	**65,0**	*4*	**60,7**	*7*	**77,3**	*28*	**7,1**	*16*
F2	1R	15,1	*21*	15,8	*18*	18,4	*10*	5,1	*17*
F2	1Zb	12,0	*25*	13,7	*22*	11,3	*5*	4,1	*18*
F2	2Aiso	7,4	*29*	9,2	*29*	5,6	*1*	3,8	*19*
F2	2Aa	11,3	*28*	12,1	*24*	12,3	*6*	3,6	*20*
F2	2Xb	19,3	*16*	16,1	*17*	41,4	*21*	2,8	*21*
F2	**3Fav**	**12,0**	*26*	**11,4**	*26*	**14,3**	*7*	**1,7**	*23*
F2	2Ab	6,7	*30*	6,8	*30*	6,7	*3*	1,7	*22*
F2	1Aa	17,1	*18*	15,8	*19*	23,0	*11*	1,4	*24*
F2	2Yb	11,6	*27*	10,6	*27*	15,3	*8*	0,8	*25*
F2	1Xa	14,6	*22*	12,1	*25*	26,6	*13*	0,4	*26*
F2	**3Far**	**30,3**	*13*	**26,0**	*14*	**43,3**	*23*	**0,3**	*28*
F2	1Ab	17,9	*17*	15,4	*20*	26,1	*12*	0,3	*27*
F2	1V	15,9	*20*	13,1	*23*	26,8	*14*	-1,5	*29*
F2	2Xa	13,5	*23*	9,9	*28*	31,3	*17*	-2,5	*30*

Tableau 3.5 Tableau comparatifs de s résultats pour direction de vent F2

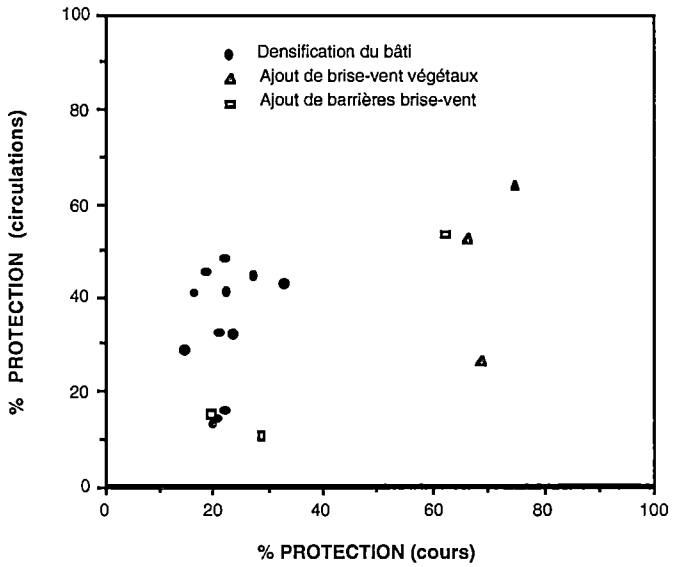


Graphique 3.4 Graphique de la protection des circulations en fonction de la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour différents types d'additions.

3.1.4.2 L2

Dir.	Config.	Total	rg	Cours	rg	Circu.	rg	Perform.	rg
L2	**H3/28I**	**52,0**	*4*	**68,9**	*2*	**26,7**	*6*	**33,2**	*1*
L2	**H9/28I**	**60,1**	*2*	**66,6**	*3*	**52,5**	*16*	**21,3**	*2*
L2	**H6/28I**	**68,1**	*1*	**75,0**	*1*	**63,9**	*18*	**20,7**	*3*
L2	*BV80I*	*58,1*	*3*	*62,2*	*4*	*53,6*	*17*	*19,6*	*4*
L2	*BV40I*	*21,0*	*13*	*28,7*	*6*	*10,9*	*1*	*12,6*	*5*
L2	1Xb	17,7	*16*	20,0	*14*	13,2	*2*	12,0	*6*
L2	2Xa	17,9	*15*	20,5	*13*	14,3	*3*	9,9	*7*
L2	1Zb	18,7	*14*	21,9	*11*	16,0	*5*	7,1	*8*
L2	*BV0I*	*17,6*	*17*	*19,6*	*15*	*15,4*	*4*	*6,3*	*9*
L2	1V	34,8	*5*	33,0	*5*	43,1	*12*	6,2	*10*
L2	1Aa	30,3	*6*	27,2	*7*	44,7	*13*	2,5	*11*
L2	1Ab	24,4	*9*	23,4	*8*	32,3	*8*	2,5	*12*
L2	1Za	16,6	*18*	14,8	*18*	28,8	*7*	1,9	*13*
L2	2Ab	22,5	*11*	20,9	*12*	32,7	*9*	1,1	*14*
L2	2Yb	26,6	*8*	22,4	*9*	41,2	*11*	-2,4	*15*
L2	1R	24,0	*10*	18,7	*16*	45,2	*14*	-2,4	*16*
L2	1Za	21,2	*12*	16,5	*17*	41,0	*10*	-24,5	*17*
L2	1R	27,2	*7*	22,2	*10*	48,1	*15*	-25,8	*18*

Tableau 3.6 Tableau comparatifs des résultats pour direction de vent L2

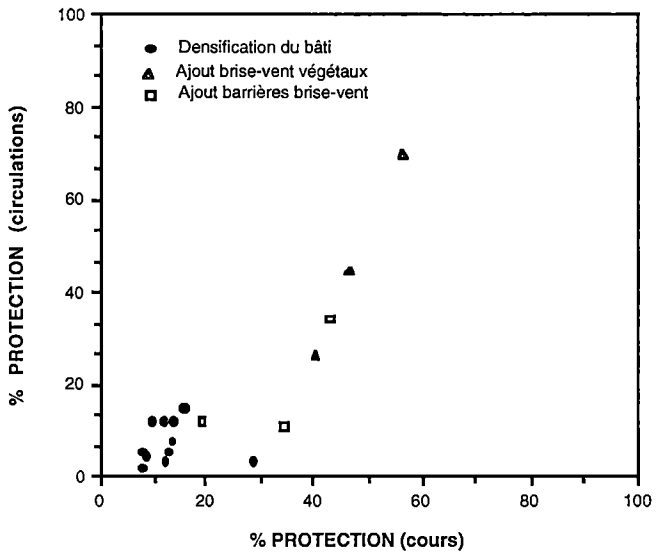


Graphique 3.5 Graphique de la protection des circulations en fonction la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour différents types d'additions.

3.1.4.3 D3

Dir.	Config.	Total	rg	Cours	rg	Circu.	rg	Perform.	rg
D3	1Xb	22,4	5	28,7	6	3,1	2	21,1	1
D3	*BV80ar*	*38,8*	*3*	*42,9*	*3*	*34,1*	*15*	*15,0*	*2*
D3	**H3/28l**	**33,0**	*4*	**40,1**	*4*	**26,6**	*14*	**14,7**	*3*
D3	**H6/28l**	**42,9**	*2*	**46,4**	*2*	**44,6**	*16*	**12,1**	*4*
D3	2Aa	11,5	10	12,0	13	12,2	11	11,0	5
D3	*BV0ar*	*20,9*	*6*	*34,7*	*5*	*10,9*	*8*	*10,2*	*6*
D3	**H9/28l**	**58,2**	*1*	**56,4**	*1*	**69,5**	*17*	**8,3**	*7*
D3	*BV40ar*	*15,9*	*7*	*19,2*	*7*	*11,9*	*9*	*8,0*	*8*
D3	1Za	9,5	13	12,2	12	3,1	3	7,7	9
D3	2Ab	9,8	12	12,8	11	5,1	5	6,0	10
D3	1Ab	11,4	11	13,8	10	7,6	7	5,9	11
D3	1Aa	14,1	8	16,0	8	14,9	13	4,6	12
D3	1Xa	7,2	15	8,6	15	4,4	4	4,6	13
D3	1R	6,0	17	7,9	17	2,2	1	4,6	14
D3	2Yb	12,9	9	14,0	9	12,2	12	4,4	15
D3	2Xa	7,2	16	8,1	16	5,1	6	4,1	16
D3	1Zb	9,3	14	9,7	14	12,1	10	1,3	17

Tableau 3.7 Tableau comparatifs des résultats pour direction de vent D3



Graphique 3.6 Graphique de la protection des circulations en fonction de la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour différents types d'additions.

3.2 Combinaison des résultats

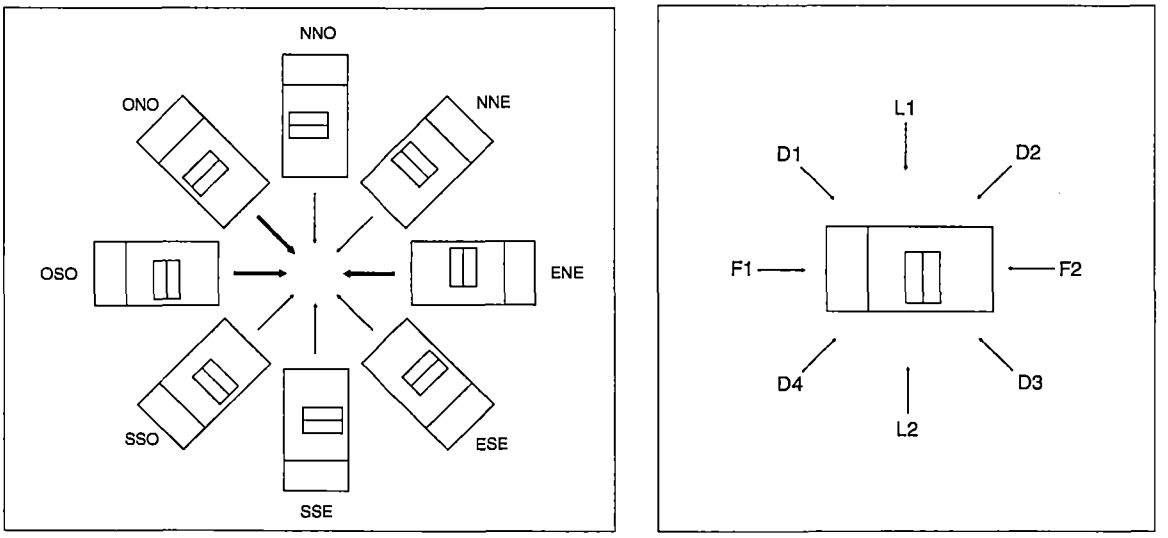
En situation réelle, un bâtiment et son site immédiat sont rarement exposé à une seule direction de vent. La section suivante propose une méthode inédite de combinaison des images digitales propre à la démarche de la présente recherche pour connaître rapidement et graphiquement l'impact d'une densification du milieu construit, de l'ajout de brise-vent végétaux et/ou de barrières brise-vent sur le degré de protection contre le vent des espaces extérieurs de détente et le degré de déblaiement naturels par le vent des zones de circulation.

3.2.1 Méthodologie

La méthode de combinaison d'image digitale a été développée par Demers (1993) pour ses travaux sur la lumière naturelle. La méthode présuppose que des images digitales de différentes configurations brise-vent sont disponibles. La banque d'image récoltée pour la présente recherche constitue une base de données importantes mais non-exhaustive des configurations les plus courantes. Il est à noter que lorsqu'une configuration est symétrique, une seule simulation suffit à illustrer deux directions de vents opposés par simple découpage de l'image initiale de l'expérimentation.

3.2.1.1 Le cadran des expositions éoliennes

La figure 3.63a) illustre le cadran des expositions éoliennes en fonction de l'orientation géographique du site d'étude de la présente recherche. Les traits gras illustrent les trois principales directions de vent en terme de fréquence et de vitesse pour la région de la ville de Québec. La direction dominante OSO/ENE correspond à la direction de la vallée du St-Laurent. La figure 3.63b) reprend par ailleurs la clé des directions de vents déjà présenté au Chapitre 2. Ces deux figures permettent de repérer rapidement les directions de vents à sélectionner dans la base de données pour la combinaison des patterns d'érosion.



a) Cadran des expositions éoliennes *b) Clé des directions de vents*

Figure 3.63 Expositions aux vents

3.2.1.2 Addition des patterns d'érosion

Le logiciel de traitement d'images ADOBE PHOTOSHOP 4.0.1 offre la possibilité d'additionner des 'channels' sur une image initiale. Parmi les options de combinaisons de canaux, l'option 'lighter' est particulièrement appropriée car elle compare les valeurs de brillances des pixels correspondantes de deux canaux et affiche la valeur de brillance la plus haute ou claire. Dans le

cas où les images à combiner ne possèdent qu'un seul canal chacune, telles que les images en tons de gris de la présente recherche, utiliser la fonction 'Lighter' retient simplement la valeur de brillance la plus haute ou claire des deux images. La séquence suivante illustre les différentes opération au clavier pour combiner ainsi deux ou plusieurs pattern d'érosion:

1- Ouvrir toutes les images à combiner à partir de la banque d'images digitalisées

2- Dans le menu 'Window', ouvrir la fenêtre 'Show Channels'

3- Créer un nouveau canal 'Create Channel' dans l' image originale

4- Copier 'Copy' l'image à combiner

5- Coller 'Paste' l'image à combiner sur le nouveau canal 'New channel' de l'image originale

6- Dans le menu 'Image', cliquer sur 'Calculations'

7- Sélectionner la source 1 :l'image originale
Sélectionner un canal: canal de l'image initiale

8- Sélectionner la source 2: l'image originale
Sélectionner le canal: 'New channel'

9- Sélectionner 'Lighter' dans 'blending'

10- Choisir le résultat voulu 'result': 'new'

11- Sauvegarder la nouvelle image combinée

Le reste des opération consiste, comme expliqué auparavant à la section 2.7 de générer l'histogramme, extraire les données en pixels et les introduire dans la feuille de calcul EXCEL.

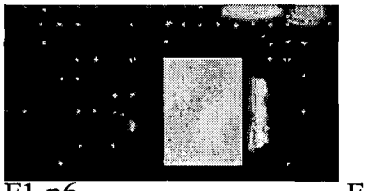
3.2.2 Exemples de combinaisons

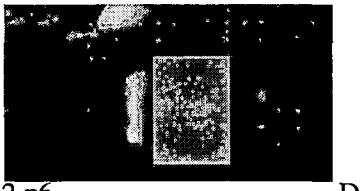
Les exemples suivants illustrent la performance de trois différentes possibilités d'aménagement d'un lot orienté OSO/ENE avec la rue à l'OSO. Le cadran des expositions éoliennes indique que pour une telle orientation géographique, ce lot est exposé à un vent frontal avant F1, un vent frontal arrière F2 et un vent diagonal D1.

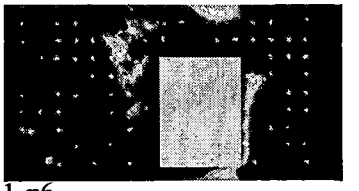
3.2.2.11Aa-OSO

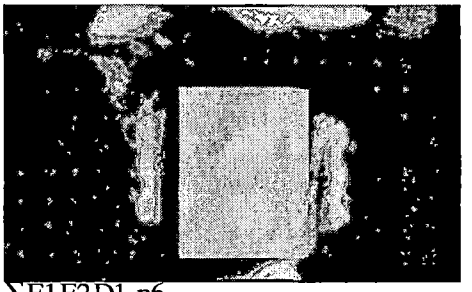
Pour un bâtiment type seulement, la figure 3.64 illustre en a): les patterns d'érosion individuels des directions de vent, en b): le pattern d'érosion résultant, en c): une représentation de type mosaïque et en d): le tableau des résultats. Dans cet exemple, l'image F1.p6 illustrant le pattern d'érosion correspondant à la direction de vent F1, a été découpée de l'image originale de l'expérience.

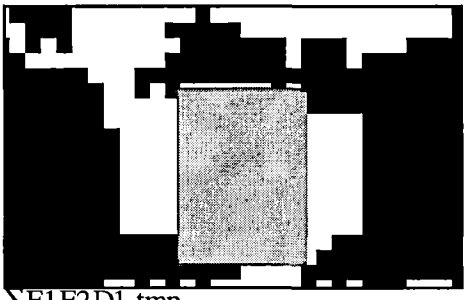
1A-OSO (∑F1F2D1)


F1.p6


F2.p6


D1.p6


∑F1F2D1.p6


∑F1F2D1.tmp

Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*28800*			*13906*			*15085*			*31467*			
1	0	22965			6053			7470			19294			
2	10	5041	86	864	2950	38	376	4105	54	539	6188	51	508	
3	8	748	13	103	1279	16	130	1196	16	126	1618	13	106	
4	6	46	1	5	1486	19	114	1264	17	100	2072	17	102	
5	4	0	0	0	1916	24	98	1042	14	55	2253	19	74	
6	2	0	0	0	222	3	6	8	0	0	42	0	1	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				20,3			56,5			50,5			38,7	
Az pond./Ipa (Azp)				**19,7**			**40,8**			**41,4**			**30,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				6,3			6,4			7,0			10,8	30,5
%Protection Av+Ar										4,1			27,6	**31,7**
%Protection R+S				13,7			18,4							**32,1**
Indice performance														*-0,4*

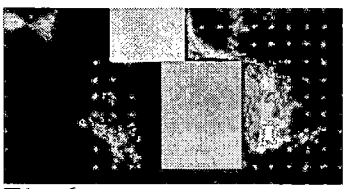
Tableau des résultats

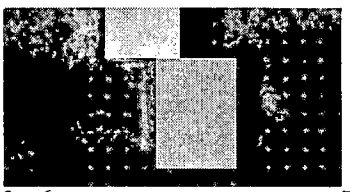
Figure 3.64 Combinaison des vents pour 1Aa-OSO

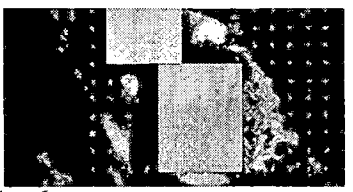
3.2.2.21Xb-OSO

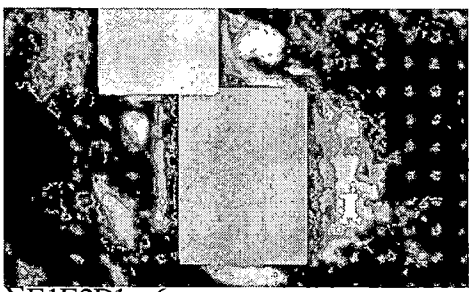
Dans cet exemple, un nouveau corps de bâtiment est ajouté au bâtiment existant. Ici, le caractère asymétrique de la nouvelle configuration oblige la simulation de toutes les directions possibles de vent pour pouvoir répondre à toutes les combinaisons possibles. L'ajout d'un corps de bâtiment n'augmente que très légèrement l'indice de performance par rapport à l'exemple précédent 1A-OSO.

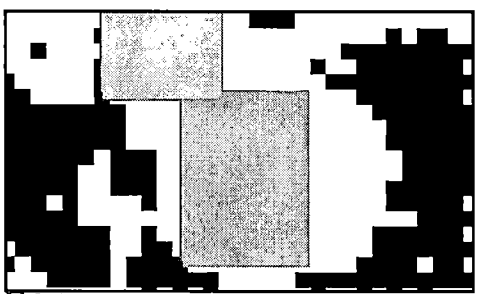
1Xb-OSO (∑F1F2D1)


F1.p6


F2.p6


D1.p6


∑F1F2D1.p6


∑F1F2D1.tmp

Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14396*			*1314*			*13761*			*37454*			
1	0	8875			415			5694			17629			
2	10	2416	44	438	181	20	201	3231	40	401	6703	34	338	
3	8	1396	25	202	216	24	192	2449	30	243	4841	24	195	
4	6	1188	22	129	386	43	258	1473	18	110	4391	22	133	
5	4	511	9	37	116	13	52	733	9	36	2883	15	58	
6	2	10	0	0	0	0	0	181	2	4	1007	5	10	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,7			0,8			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				38,4			68,4			58,6			52,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**30,9**			**48,1**			**46,5**			**38,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				6,7			0,9			9,6			21,8	38,9
%Protection Av+Ar										12,5			28,4	**40,9**
%Protection R+S				35,1			5,7							**40,9**
Indice performance														***21,7***

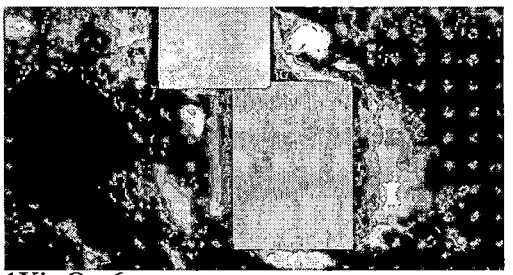
Tableau des résultats

Figure 3.65 Combinaison des vents pour 1Xb-OSO

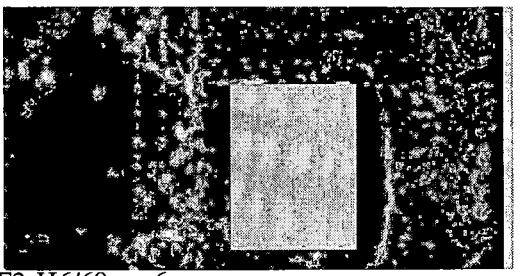
3.2.2.31Xb+H6/60ar-OSO

Une haie de 6m de hauteur est ajouter sur la ligne de lot arrière du site. La combinaison des patterns d'érosion devient ici plus concluante avec un indice de performance de 25,6 et une protection pondérée des espaces de détente de près de 70% de la surface utile.

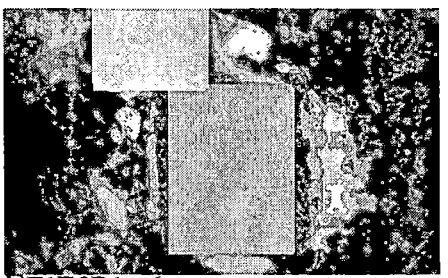
1Xb+H6/60ar-OSO (∑F1F2D1)



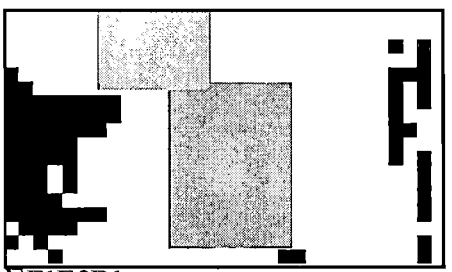
1Xb-O.p6



F2-H6/60ar.p6



∑F1F2D1.p6



∑F1F2D1.tmp

Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14632*			*1314*			*13769*			*35517*			
1	0	8157			129			2121			4889			
2	10	2939	45	454	248	21	209	4768	41	409	15966	52	521	
3	8	1696	26	210	297	25	201	3725	32	256	6052	20	158	
4	6	1284	20	119	499	42	253	2110	18	109	4246	14	83	
5	4	546	8	34	141	12	48	861	7	30	2885	9	38	
6	2	10	0	0	0	0	0	184	2	3	1479	5	10	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,7			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				44,3			90,2			84,6			86,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**36,1**			**64,0**			**68,2**			**69,8**	
Azp/surf. lot (Azpl)				8,1			1,3			14,4			38,0	61,8
%Protection Av+Ar										19,1			50,3	**69,4**
%Protection R+S				40,6			7,4							**48,0**
Indice performance														***40,7***

Tableau des résultats

Figure 3.66 Combinaison des vents pour 1Xb+H6/60ar-OSO

3.2.3 Conclusions -Combinaisons

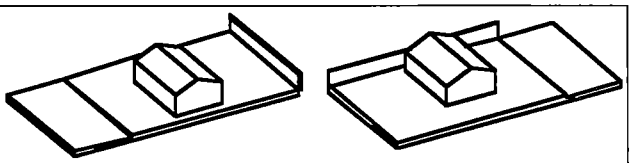
La technique de combinaison d'images digitales offre un moyen relativement facile d'observer l'impact de l'ajout d'un dispositif brise-vent ou la densification du bâti sur le comportement du vent en termes de protection contre le vent des espaces détentes et de déblaiement naturel des circulations. La série d'ajouts présentée ne constitue qu'une solution parmi de nombreuses autres. La mise au point d'une librairie d'images digitales d'un nombre plus exhaustif de dispositifs brise-vent pourrait générer un outil de design très intéressant pour les consommateurs et/ou les professionnels de l'aménagement du territoire urbain.

3.1.2 Ajout de barrières brise-vent

Les barrières brise-vent sont un dispositif courant de contrôle du vent et de l'enneigement. Les barrières brise-vent sont le plus souvent de hauteur limitée et son utilisée en campagne ou en périphérie des autoroutes pour contrôler les vents latéraux et l'enneigement de la chaussée. De nombreux chercheurs ont démontrés que le degré de porosité du brise-vent est un facteur déterminant de sa performance. Un brise-vent opaque produit généralement une accumulation plus courte et plus haute accompagnée d'un dégagement immédiatement en aval de ce dernier alors que le brise-vent poreux produit une accumulation plus longue et mois haute sans dégagement derrière ce dernier. Le dégagement en aval est dû à la plus grande différence de pression et donc création de turbulence.

3.1.2.1 BV0 / BV40 / BV80

Trois brise-vent de porosité différentes de 0%, 40% et 80% et d'une hauteur de 2,5m sont étudiés pour deux positions types sur ligne de lot arrière et ligne de lot latérale.



Vent frontal F2

Pour un vent frontal F2, un brise-vent de porosité 40% en situation isolée (BV40iso, fig.3.43) produit une zone de protection bien délimitée correspondant à 4 fois sa hauteur avec un dégagement considérable immédiatement en aval de la barrière. Lorsqu'introduit dans un contexte de densité faible de la banlieue (BV40ar, fig.3.44), sa performance est considérablement réduite, passant de 23,1 en situation isolée à 9,5 en situation de banlieue. La turbulence provoquée par le contournement des bâtiments en amont est responsable de ce comportement. BV40ar ne parvient pas à 'hacher' la turbulence et les accélérations locales produites par le milieu construit. La présence du bâtiment en aval contribue aussi au dégagement de la cour arrière. Un brise-vent deux fois plus poreux (BV80ar) (fig. 3.45), se comporte relativement de la même manière en situation de banlieue. A noter que le dégagement immédiatement derrière la barrière est ici beaucoup moins important. L'indice de protection de l'accumulation est aussi supérieur, ce qui indique une turbulence réduite. L'accumulation dans la rue, plus importante qu'en BV40ar traduit aussi ce meilleur contrôle de la turbulence.

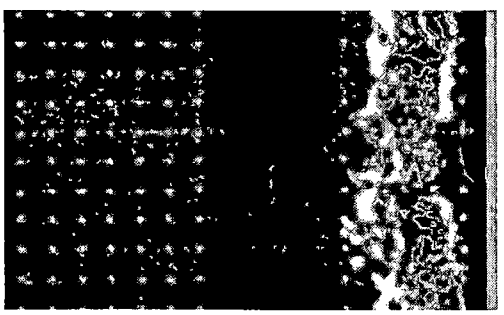


*Fig.3.43 F2-BV40iso(19,3/45,9/15,8/**23,1**)*

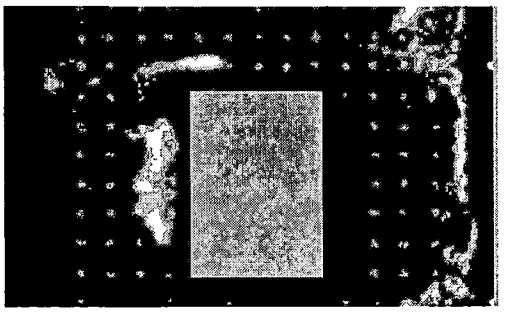


*Fig.3.44 F2-BV40ar(29,3/31,0/28,5/**9,5**)*

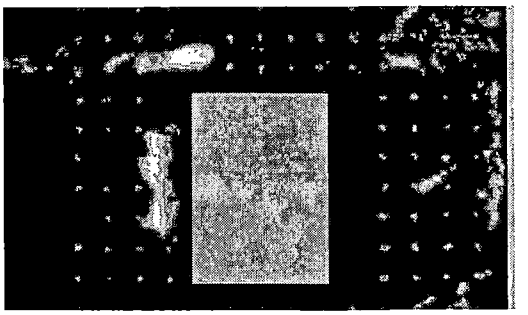


*Fig.3.45 F2-BV80ar(39,1/40,1/40,5/**10,3**)*

Vent latéral L2

Pour un vent latéral L2, les trois degrés de porosité ont été simulés. Les figure 3.46 à 3.48 illustrent clairement la performance des brise-vent en fonction de leur porosité. L'amplitude de l'étendue de l'accumulation globale ainsi que la performance progresse proportionnellement à la porosité de cette dernière. Alors que BV0I produit une accumulation compacte et haute, BV40I et plus particulièrement BV80I produisent une accumulation toute en longueur et basse. L'indice de protection de l'accumulation est aussi supérieur dans ces deux derniers cas et illustre la capacité de la barrière brise-vent poreuse à contrôler turbulence et accélération du vent. Néanmoins, dû à leur hauteur limitée par rapport au bâtiment en aval, un important rouleau tourbillonnaire se crée au pied de la façade au vent et contribue au dégagement des cours avant et arrière dans les trois cas. BV80I est la barrière la plus performante malgré une accumulation plus importante dans la rue. Les mêmes observations s'appliquent sous un vent diagonal tel qu'illustré en Annexe E.

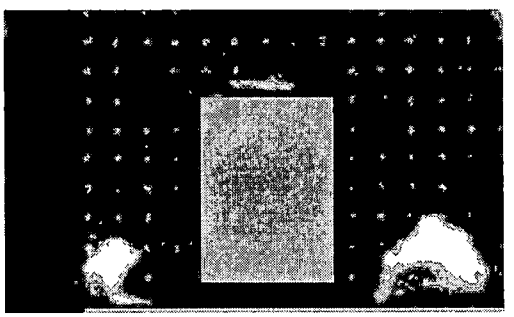


*Fig.3.46 L2-BV0I(17,6/19,6/15,4/**6,3**)*

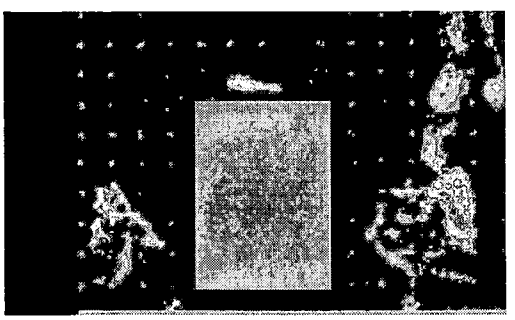


*Fig.3.47 L2-BV40I(21,0/28,7/10,9/**12,6**)*

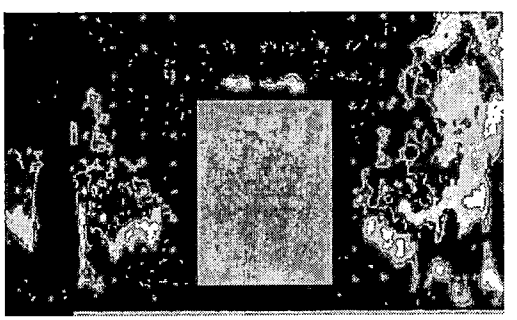


*Fig.3.48 L2-BV80I(58,1/62,2/53,6/**19,6**)*

Sommaire BV

Les quelques expériences menées sur les brise-vent permettent de conclure que leur performance est intimement liée à leur porosité.

Les barrières brise-vent sont peu utilisées en contexte urbain dû à leur aspect esthétique souvent jugé peu attrayant mais elles méritent d'être considérées, ne serait-ce que pour un

usage temporaire en attendant l'âge mature de brise-vent végétaux. Peu d'expériences ont été menées sur ce type de dispositifs en contexte urbain mais une littérature importante existe à leur sujet en milieu ouvert. Les expériences précédentes confirment en quelque sorte les résultats des recherches antérieures mais expriment aussi clairement l'influence du contexte bâti sur la performance des barrières brise-vent.

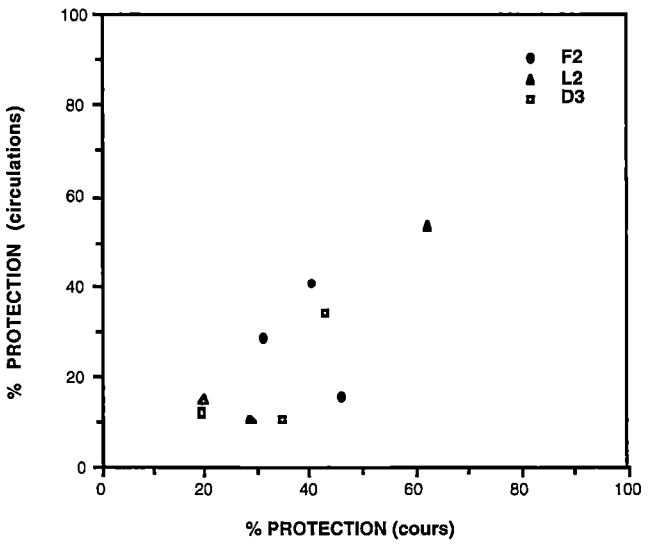
3.1.2.2 Classification -Ajout de barrières brise-vent

Le tableau 3.3 indique que la barrière brise-vent poreuse à 80% constitue le moyen le plus performant pour toute direction de vent de protéger les cours et de déblayer naturellement les circulations.

Dir.	Config.	Total	*rg*	Cours	*rg*	Circu.	*rg*	Perform.	*rg*
D3	BV80ar	38,8	*1*	42,9	*1*	34,1	*3*	15,0	*1*
D3	BV0ar	20,9	*2*	34,7	*2*	10,9	*1*	10,2	*2*
D3	BV40ar	15,9	*3*	19,2	*3*	11,9	*2*	8,0	*3*
F2	BV40iso	34,4	*2*	45,9	*1*	15,8	*1*	23,1	*1*
F2	BV80ar	39,1	*1*	40,1	*2*	40,5	*3*	10,3	*2*
F2	BV40ar	29,3	*3*	31,0	*3*	28,5	*2*	9,5	*3*
L2	BV80I	58,1	*1*	62,2	*1*	53,6	*3*	19,6	*1*
L2	BV40I	21,0	*2*	28,7	*2*	10,9	*1*	12,6	*2*
L2	BV0I	17,6	*3*	19,6	*3*	15,4	*2*	6,3	*3*

Tableau 3.3 Tableau comparatif des résultats pour l'ajout de barrières brise-vent.

Le graphique 3.2 indique la nette amélioration de performance par l'ajout de barrières brise-vent comparativement à la densification du bâti. Tous les points se situe en effet en dessous de la ligne de diagonale zéro et représentent donc des performances mitigées mais à tout la moins positives. Cependant, le caractère esthétique des barrières brise-vent limite leur hauteur et on ne peut malheureusement pas espérer de plus grandes performances de leur part.



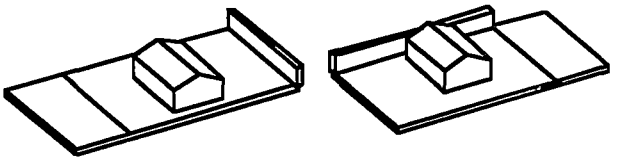
Graphique 3.2 Graphique de la protection des circulations en fonction de la protection des espaces de détentes pour les directions de vent F2, L2 et D3 pour l'ajout de barrières brise-vent.

3.1.3 Ajout de brise-vent végétaux

Les résultats des sections précédentes suggèrent que le degré de rugosité/porosité des obstacles détermine grandement leur capacité à ralentir l'écoulement. Cette section étudiera donc le potentiel d'obstacle poreux tels les végétaux à freiner l'écoulement libre du vent mais aussi à hacher la turbulence en aval des obstacles. Parmi ces brise-vent végétaux, des haies de différentes hauteurs et des arbres isolés et/ou en combinaisons seront testés. Le nombre de directions de vent seront limitées car les possibilités deviennent ici très nombreuses et cette recherche n'a pas pour but de simuler toutes les conditions de vent possibles.

3.1.3.1 H3

H3 consiste en l'addition d'une haie d'une densité de 80% et d'une hauteur de 3m sur la ligne de lot arrière (ar) ou latérale (l). Solution très courante.



H3iso / H3/60ar

Pour un vent frontal F2, la figure 3.49 illustre le pattern d'érosion d'une haie isolée sur le lot type sans bâtiment. L'accumulation de couleur gris foncé indique bien que les particules se sot déposée librement en chute verticale et donc que l'indice de protection est maximal. H3iso offre une très bonne protection de la cour arrière sur plus de 82% de sa surface. La figure 3.50 illustre la performance d'une haie de la même hauteur mais en présence d'un bâtiment type. La haie réussit à freiner l'écoulement en aval pour une courte distance mais ce dernier se rabat rapidement au sol et frappe le bâtiment. La pression positive et le rouleau tourbillonnaire empêche donc toute accumulation près de la façade arrière du bâtiment. La performance de H3/60ar est donc réduite de plus de la moitié par rapport à H3iso.

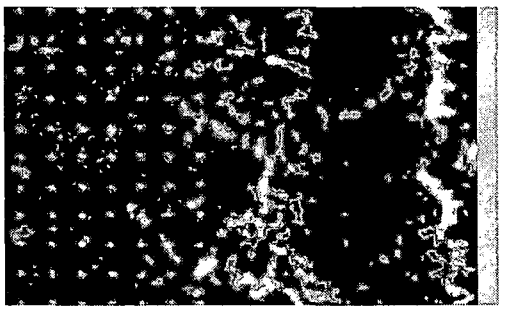


*Fig.3.49 F2-H3iso (57,1/67,0/40,8/**29,6**)*

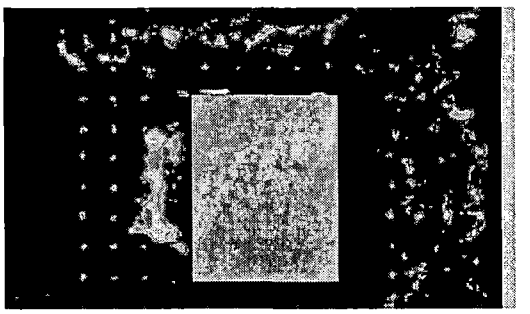


*Fig.3.50 F2-H3/60ar (33,3/38,4/27,6/**12,8**)*

H3/28l

Pour un vent latéral L2, une haie H3/28l procure une très bonne protection contre le vent dans les espaces de détente extérieurs et un très bon déblaiement naturel de la neige au niveau des espaces de circulation comme le démontre la figure 3.51. La performance est très importante tout en conservant une barrière physique limitée. Sous un vent diagonal D3, H3/28l s'avère beaucoup moins performante mais ceci est principalement dû à l'absence de haie sur la ligne de lot arrière. La performance demeure somme toute très appréciable comparativement aux simulations des sections précédentes.

4. Conclusions

4.1 Commentaires généraux

Cette recherche paramétrique a analysé le potentiel d'amélioration des microclimats de la banlieue nordique en fonction du vent par trois types d'interventions: la densification du bâti existant, l'ajout de barrières brise-vent et l'ajout de brise-vent végétaux.

- Les résultats démontrent que l'intervention au niveau du bâti ne peut à elle seule améliorer significativement les conditions de confort dans les espaces de détente et de déblaiement naturel des espaces de circulation. La raison essentielle de cet incapacité de l'architecture à contrôler le microclimat réside dans l'aménagement trop peu dense de la banlieue et de la nature pavillonnaire des constructions. La recherche a aussi démontré que l'ajout d'un deuxième étage au bâtiment existant, exacerbe l'accélération et la turbulence du vent au contournement de l'obstacle.

- Les simulations de barrières brise-vent ont démontrés que leur performance est proportionnelle à leur degré de porosité. Ce type d'intervention est toutefois limité par sa hauteur mais peut constituer une solution peu onéreuse et très efficace en attendant la maturité des plantations.

- Les résultats des simulations des brise-vent végétaux sont très concluant. Ces derniers, en fonction de leur hauteur et de leur emplacement, possèdent le double avantage d'offrir la protection optimale des cours et le déblaiement naturel des circulations.

Les simulations des trois types d'intervention en isolé et en contexte construit suburbain démontrent l'importance de l'environnement immédiat sur la performance d'une configuration données. De façon générale, les interventions isolées de leur contexte performent significativement mieux que lorsque mises en contexte dû à l'absence d'accélération et de turbulence causées par les bâtiments. La démarche expérimentale commentée ainsi que les résultats typologiques présentés sous forme de tableaux constituent un outil méthodologique approprié aux aménagistes.

4.2 Recommandations

Cette recherche permet d'émettre les recommandations suivantes pour l'optimisation des microclimats extérieurs d'un lot type en fonction du vent:

1) La rugosité et la porosité des obstacles construits et végétaux doivent être maximales pour 'hacher' la turbulence et les accélérations de vent locales.

2) La hauteur des bâtiments doit être limitée pour éviter la création de zone de turbulence en aval du bâtiment.

3) L'implantation d'addition construite non-alignée par rapport à l'axe de symétrie du bâtiment existant permet dans sous certaines expositions de vent de créer des zones de protection contre le vent efficaces.

4) Des barrières brise-vent doivent avoir un degré de porosité (rapport plein vide) d'au moins 40% pour être efficace. Leur efficacité diminue aussi grandement avec la diminution de l'angle d'incidence du vent.

5) Une haie dense de 3m de hauteur sur la ligne de lot latérale et de 6m sur la ligne de lot arrière procure le meilleur rapport de protection des espaces de détentes et de déblaiement naturel des espaces de circulations.

4.3 Limites de la technique expérimentale

La technique d'analyse du phénomène vent par l'observation de la formation des congères en canal hydraulique démontre le pouvoir d'intégrateur global tridimensionnel que possède la neige, élément de notre environnement nordique. La méthode d'érosion des sables permet en effet de visualiser des comportement très complexes du vent mais certaines limitations liées à la nature de la méthode expérimentale doivent être admises:

1) La présence d'accumulations à l'intérieur de la couche limite, référées dans le texte sous le nom d'accumulations de type laminaire, constitue la principale limite de la technique expérimentale dans l'application particulière de la présente recherche. Le régime fluvial turbulent généralisé de l'écoulement, déterminé lors du calibrage du canal, devait empêcher la formation de telles accumulations mais elles se sont néanmoins produites systématiquement pour les expositions latérales au vent qui présentent incidemment le moins d'obstacle à l'écoulement. Les résultats pour l'exposition latérale aux vents doivent donc être interprétés avec réserves.

2) La seconde limite est liée à la fabrication de la maquette expérimentale. En effet, les petites ouvertures percées sur une trame orthogonale de 2m, s'emplissent de particules de sable fin et produisent de nombreuses fausses accumulations lors de la saisie des données avec le logiciel de traitement d'image. L'erreur est d'autant plus accentuée que la brillance de ces fausses accumulations correspond souvent à la valeur maximale de pondération. Ainsi, des surfaces apparaissant hors de tout doute libre de particules enregistrent généralement des pourcentages de protection de l'ordre de 5-6%.

3) La superficie de l'accumulation ne peut seule définir une zone de confort acceptable. L'observation de sa position, hauteur et morphologie permet de qualifier le comportement du vent et de déterminer la pertinence de l'accumulation. Un indice de protection de l'accumulation déterminé à partir de la densité de brillance a donc dû être ajouté à la méthode expérimentale existante.

4) L'échelle importante de la maquette par rapport à la hauteur de l'accumulation nécessite une interprétation des résultats car l'accumulation représente alors les conditions à une faible hauteur du sol.

5) Les informations fournies par la méthode sont des indices du comportement du vent et du confort. Une validation des résultats en milieu pourrait seule, en dernière analyse, confirmer la représentativité des indices.

6) Cette approche expérimentale reste très théorique en raison de la grande simplicité du contexte. En milieu réel, les configurations éoliennes optimales peuvent être inhibées par l'intéraction des masses construites avoisinantes et des obstacles naturels. Cette observation suggère qu'idéalement, toute intervention sur le microclimat nécessite une modélisation précise du contexte physique avoisinant.

4.4 Recherches futures

La capacité d'intégrer visuellement les phénomènes complexes du vent font de cette méthode expérimentale un outil susceptible d'intéresser les concepteurs. Les points suivants présentent brièvement certaines voies de recherche complémentaires:

1) La présente recherche a exploré l'influence de trois types d'intervention sur les microclimats locaux d'une banlieue type. Ces interventions ont été limitées à un seul lot pour des raisons de limitations des variables mais il serait intéressant de simuler dans une recherche future l'impact de ces trois types d'intervention sur plusieurs lots adjacents et/ou dans le cas de nouvelles banlieues où d'autres types d'implantation seraient simulés.

2) La recherche a démontré l'efficacité particulière des brise-vent à contrôler l'écoulement du vent. Une recherche future devraient s'attarder à ce type d'intervention uniquement car les variables y sont très nombreuses. De plus, leur grande efficacité peut facilement devenir source de problèmes importants d'enneigement et de coûts aussi bien publiques que privés de déneigement.

3) Cette recherche s'est limitée à l'analyse d'un seul facteur conditionnant le confort: le vent. Cependant, sous nos latitudes nordiques, l'insolation constitue un facteur tout aussi important. Ce facteur est essentiel au confort dans les espaces extérieur. Les dispositifs brise-vent devraient donc être conçus de manière à optimiser l'insolation aux périodes froides. Une autre recherche intégrant ce critère aux critères étudiés dans la présente recherche permettrait de définir plus précisément les profils optimaux des dispositifs brise-vent et des construction pour maximiser les microclimats extérieurs.

Bibliographie

Ouvrages cités

Antipas, Alexandre, Espaces hors logement, Saint-Saphorin, Suisse, Éditions Giorgi, Presses Polytechniques Romandes, 1982.

Arens, A. Edward et **Williams**, Philip B., "The effect of wind on energy consumption in buildings", Energy and Buildings, vol.1, 1977, pp.77-84.

Arnheim, Rudolf, Dynamique de la forme architecturale, Paris, Architecture+ Recherches, Pierre Mardaga, éditeurs, 1986.

Aronin, J. E., Climate and architecture, New-York, Reinhold Publishing Corporation, 1953, pp. 175-211.

Ashihara, Yoshinobu, Exterior design in architecture, New-York, Van Nostrand Reinhold, 1970.

Aynsley, R.M., **Melbourne**, W. et **Vickery**, B.J., Architectural aerodynamics, London, Applied Science Publishers Ltd, (coll. Architectural Science Series), 1977, pp. 151-179.

Aynsley, R. M., "Effects of airflow on human comfort", Building Science, London, Pergamon Press, vol.9, 1974, pp. 91-94.

Aynsley, R.M., "Wind effects around buildings", Architectural Science Review, vol.15, no.1, mars 1972, pp. 8-13.

Bagnold, Ralph, The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, New-York, William Morrow and Co., 1941.

Beranek, W.J., "General rules for the determination of wind environment", dans Proceedings of the fifth intrnational conference on wind engineering, London, Pergamon Press, 1980, pp.225-234.

Borges, A.R. Janeiro, **Saraiva**, J.A. Gil, "An erosion technique for assessing ground level winds", dans Proceedings of the fifth intrnational conference on wind engineering, London, Pergamon Press, 1980, pp.235-242.

Borve, Anne-Brit, The design and function of single buildings and building clusters in harsh, cold climates, Thèse de Ph.D, Ecole d'architecture, Université d'Oslo, Valdres Trykkeri, Fagernes, 1989.

Caborn, J.M., Shelterbelts and windbreaks, London, Faber & Faber Ltd, 1965.

Calkins, Darryl J., "Simulated snowdrifts around 3 proposed air transportable buildings using a hydraulic modeling technique- Preliminary study", mémoire non-officiel, Corps of Engineers U.S. Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover N.H., juin 1974.

Calkins, Darryl J., Model studies of drifting snow patterns at safeguard facilities in North Dakota, Hanover N.H., Corps of Engineers U.S. Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Technical Report no.256, novembre 1974.

Cousin, Jean, L'espace vivant, Paris, Editions du Moniteur, 1980.

Culjat, Boris, Climate and the built environment in the North, Avhandling förteknik doktorsexamen vid Institutionen för Arkitektur, Stockholm, KTH Arkitektursektionens, KTH, 1975.

Davenport, A. G., "An approach to human comfort criteria for environmental wind conditions", CIB/WMO Proceedings, Teaching the Teachers, Vol.1, Stockholm, Swedish National Building Research Institute, 1972, pp.8-4 à 8-6.

Demers, Claude MH, Influence du design des ouvertures sur le contraste d'intensité dans les espaces intérieurs éclairés naturellement, Sainte-Foy, École d'Architecture, Université Laval, Thèse de Maîtrise, 1993.

Dobrodzicki, G.A., Flow Visualisation in the National Aeronautical Establishment's Water Tunnel, Ottawa, CNRC Aeronautical Report, Février 1972.

Environnement Canada, Normales climatiques au Canada 1951-1980, Service de l'environnemnet atmosphérique, Ottawa, 1981.

Evans, Benjamin H., "Natural airflow around buildings, CIB/WMO Colloquium, Teaching the Teachers, vol.1, Stockholm, Swedish National Building Research Institute, 1972, pp. 1-23.

Evans, Martin, Housing, climate and comfort, London, The Architectural Press, 1980.

Frenette, M., "Simulation de tempête de neige en laboratoire", L'Ingénieur, no.330, mars/avril 1979, pp. 29-38.

Frenette, M., Communication personnelle, Département de Génie-Civil, Université Laval, 1993.

Frenette, M. et **Harvey**, B., Hydraulique fluviale I (notes de cours), Sainte-Foy, Les Presses de l'Université Laval, 1971.

Gandemer, J. et **Guyot** A., Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti, Secrétariat général du Groupe central des villes nouvelles, Paris, La Documentation française, 1976.

Givoni, Baruch, L'homme, l'architecture et le climat, Paris, Paris Moniteur, 1978.

Goldstein, K. M., "Weather, mood and internal-external control", Perceptual and Motor Skills, vol. 35, no.4, 1972, p.786.

Haumont, Nicole, **Raymond**, H., Habitat et pratique de l'espace: étude des relations entre l'intérieur et l'extérieur du logement, Paris, Institut de Sociologie Urbaine, 1973.

Kind, R.J., "A critical examination of the requirements for model simulation of wind-induced erosion/deposition phenomena such as snow drifting", dans Atmospheric Environment, vol.10, 1975, pp. 217-219.

Krier, Rob, "Elements of architecture" dans Architectural Design, Architectural Design Profile 49, vol.53, 9/10, 1983, pp. 52-65.

Lancastre, A., Manuel de l'hydraulique générale, New-York, Eyrolles, 1963.

Loftness, Vivian, Climate/energy graphics. Climate data applications in architecture, WMO, world climate applications program, sept, 1982.

Matus, Vladimir, Design for northern climates: cold climate planning and environmental design, New-York, Van Nostrand Reinhold, 1988.

Mellor, Malcom, Blowing Snow, Cold Regions Science and Engineering Part III, Section A3c, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, november 1965.

Nash, Jeffrey E., "Human relations in frozen places", Architecture Minnesota, Special issue, janv./fév. 1983, pp. 28-31.

Norberg-Schulz, Genius Loci, paysage, ambiance, architecture, Bruxelles, Pierre Mardaga éditeur, 1981.

O'Hare, Michael et **Kronauer**, Richard, "Fence design to keep wind from being a nuisance", Architectural Record, juillet 1969, pp. 151-156.

Olgyay, Victor, Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism, Princeton, N.J., Princeton University Press, 1963.

Parisel, Claude, Analyse des formes de bâtiments enterrés en fonction de la formation de congères devant les surfaces vitrées, Montréal, Faculté de l'Aménagement, 1986.

Penwarden, A. D. et **Wise**, A. F. E., "Wind environment around buildings", Building Research Establishment Report, London, 1975.

Penwarden, A. D., "Acceptable wind speeds in towns", Building Science, Pergamon Press, vol.8, 1973, pp. 259-267.

Persinger, Michael A., Climate, building and behavior, Winnipeg, Institute of Urban Studies, University of Winnipeg, 1988.

Peterka, J.A., **Meroney**, R.N., **Kothari**, K.M., "Wind flow patterns about buildings", dans Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 21, 1985, pp. 21-38.

Pressman, Norman, Images of the North,: cultural interpertations of winter, Winnipeg, Institute of Urban Studies, University of Winnipeg, 1988.

Pressman, Norman et **Mänty**, Jorma, Cities designed for winter, Helsinki, Building Book Ltd, 1988.

Sanni, R.A., **Surry**, D., **Davenport**, A.G., "Wind loading on intermediate height buildings", Revue canadienne de génie civil, NRC-CNRC, vol.19, no.1, février 1992, pp.148-163.

Sater, John E., **Van Allen**, L.C., Arctic Environment and Ressources, Arctic Institute of North America, Washington D.C., 1971.

Shinohara, Kazuo, Kazuo Shinohara; architecte japonnais, Paris, Éditions SADG, 1979.

Steadman, R. G., "Indices of windchill of clothed persons", Journal of Applied Meteorology, Vol. 10, Février 1971.

Summers, D. M., **Hanson**, T. et **Wilson**, C. B., "Validation of a computer simulation of wind flow over a building model", Building and Environment, vol.21, no.2, 1986, pp. 97-111.

Sündborg, Ake, The river Klarälven, a study of fluvial processes, Stockholm, Esselte Aktiebolag, 1956.

Surry, D. et **Isyumov**, N., "Model studies of wind effects- a perspective on the problems of experimental technique and instrumentation", International congress of instrumentation on Aerospace simulation facilities, London, University of Western Ontario, 1975.

Wise, A.F.E., "Airflow around buildings", Proceedings of the Urban Planning Symposium, London, Building Research Station, 1965, pp.71-102.

Zrudlo, Léo R., A model for an integrated design approach to settlement planning in the arctic, Thèse de Ph.D., University of Edinburgh, 1982.

Zrudlo, Léo R. , Cours ARC-15417: Facteurs climatiques et design architectural, Sainte-Foy, Ecole d'architecture, Université Laval, 1986.

Ouvrages complémentaires

Architectural Review, "Architecture and climate", Edition spéciale, 1132, juin 1991.

Aynsley, Richard M., "Wind tunnel studies as design tool for architectural students", Architectural Science Review, vol.21, no.4, 1978, pp. 101-105.

Broberg, Peter, "All year cities and human development", Winter Cities Forum '86, Symposiun Proceedings, Edmonton, University of Alberta Printing Services, 15-19 fév., 1986, pp. 7-15.

Brown, G.Z., Sun, wind and light: architectural design strategies, New-York, John Wiley & Sons, 1985.

Brown, G.Z., et **Novitski**, B-J, "Architectural design methodologies derived from climate analysis", dans SOLWEST '80, The Solar Energy Society of Canada & The Pacific Northwest Solar Energy Association, Vancouver, University of British Columbia, 6-10 août 1980, pp.116-120.

Colin, P.E. et **Olivari**, D., Wind effects on buildings and structures: wind environment at ground level, Belgique, Von Karman Institute, février 1972.

Crump, R.W., "Games that buildings play with winds", AIA Journal, vol.61, 1974, pp. 38-40.

De la Rue, E. Aubert, Man and the winds, London, Hutchinson's Scientific and Technical, chap. 1, 1955.

Dodd, Jeremy, "Greenscape 4: tempering cold winds", Architect's Journal, vol.189, no.18, mai 1989, pp. 61-65.

Energy and Building, "International symposium on the impact of climate on planning and building", Edition spéciale, vol.7, no.1, 2, 3 et 4, sept. 1984.

Ferland, M.G. et **Gagnon**, R.M., Climat du Québec méridional, Bul. MP-13, Québec, Service de la Météorologie, Ministère des Richesses Naturelles, 1974.

Fitch, James Marston, "The integration of environmental control systems" dans American building, the environmental forces that shaped it, New-York, Schocken Books, 1947, pp.234-285.

Gandemer, J. et **Barnaud**, G., "Wind environment around buildings. Aerodynamic concepts, International conference on wind effects on buildings and structures, London, Heathrow, 1975, pp. 25-31.

Giedion, Sigfried, Architecture and the phenomenon of transition, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971.

Grigg, P. F. et **Sexton**, D.E., "Experimental techniques for wind tunnel tests on model buildings", Building Research Establishment Current Paper, février 1974.

Hamelin, Louis-Edmond, "L'hiver autrement", Cap-aux-Diamants, no.24, hiver 1991, pp.

Hassan, Seif Eldin Sadig, The morphology of wind flow and building form, School of the built environment, University of Edinburgh, Ph.D. Thesis, West Yorkshire, The British Library, 1974.

Hawkes, Dean, "The language of the architecture of energy", dans 1987 European Conference on Architecture, Proceedings of the International Conference édités parThe Commission of the European Communities, Munich, 6-10 April 1987.

Heschong, Lisa, Thermal delight in architecture, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1979.

Hough, Michael, "Climate and the landscape: a basis for regionality", Winter Cities Forum '86, Symposiun Proceedings, Edmonton, University of Alberta Printing Services, 15-19 fév., 1986, pp. 46-49.

Humphrey, Nicolas K., "Natural aesthetics", Architecture for people, London, Studio Vista, 1980.

Hunt, J. C. R., **Poulton**, E. C. et **Mumford** J. C., "The effects of wind on people: new criteria based on wind tunnel experience", Building and Environment, vol.11, no.1, mars 1976, pp. 15-28.

Hutcheon, N.B. et **Handeborg**, G.O.P., Building science for a cold climate, Toronto, John Wiley and sons, 1983.

Jourda, Françoise et **Perraudin**, Gilles, "L'architecture climatique, élément d'une nouvelle culture", Technique et Architecture, juin/juillet 1984, pp. 50-131.

Jackson, P.S., "The evaluation of windy environment", Building and Environment, Vol.13, 1978, pp. 251-260.

Jensen, M., et **Franck**, N., Model-scale tests in turbulent wind Part II, Copenhagen, The Danish Technical Press, 1965.

Jones, P. M., et **Wilson**, C. B., "Wind flow in urban area: a comparison of full scale and model flow", Building Science, vol.3, 1968, pp.31-40.

Jumikis, Alfred R., "Aerodynamic snow fences to control snowdrifting on roads", Snow removal and ice control research, Proceedings of the international symposium, Highway research board, National Research Council, Washington D.C., National Academy of Sciences-National Academy of Engineering, Special Report 115, 1970.

Kantrowitz, Min, "Energy efficient buildings: an opportunity for user participation", Journal of Architectural Education, vol.37, no.3 et 4, pp. 26-31.

Knowles, Ralph, Energy and form. An ecological approach to urban growth, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1974.

Lamontagne, Sophie-Laurence, L'hiver dans la culture québécoise, Québec, Institut Québécois de Recherche sur la Culture, 1983.

Lawson, T.V., Wind effects on buildings, vol.1, Design Applications, London, Applied Science Publishers Ltd, 1980.

Lawson, T.V., "The wind content of the wind environment", Journal of Industrial Aerodynamics, 3, 1978, pp. 93-105.

Lawson, T.V., "Wind loads and the wind environment of buildings", CIB/WMO Proceedings, Teaching the Teachers, Vol.1, Stockholm, Swedish National Building Research Institute, 1972.

Lord, David, "Power applied to purpose: towards a synthesis of climate, energy and comfort", Journal of Architectural Education, vol.37, no.3 et 4, pp. 38-42.

Lundahl, Gunilla, Kyrkby et **Habutibble**, "Situation report on ecological building today", Arkitektur, the Swedish Review of Architecture, vol.89, no.10, sept. 1989, pp. 2-59.

Manning, Peter, "Environmental aesthetic design", Building and Environment, vol.26, no.4, 1991, pp. 331-340.

Mark Robert, Light, wind and structure: the mystery of the master builders, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1989.

McHarg, Ian, Desigh with nature, Garden City, New-York, Natural History Press, 1971.

Melaragno, M.G., Wind in architectural and environmental design, New-York, Van Nostrand Reinhold, 1982.

Michelson, W., Environmental choice, human behaviour and residential satisfaction, New-York, Oxford University Press, 1977.

Miller-Chagas, Philomène, Le milieu physique et le projet d'architecture, Mémoire du séminaire Architecture et Environnement Physique, École d'Architecture de Strasbourg, avril 1986.

Murchie, Guy, Song of the sky, Cambridge, Mass., The Riverside Press, 1954.

Oke, T.R., "Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning", Energy and Buildings, Elsevier Sequoia, 7, 1984, pp. 1-10.

Oke, T.R., Boundary layer climate, London, Methuen & Co. Ltd, 1978.

Persinger, Michael A., The weather matrix and human behavior, New-York, Praeger Publishers, 1980.

Phillips, David W., "Understanding winter climate", Winter Cities Forum '86, Symposiun Proceedings, Edmonton, University of Alberta Printing Services, 15-19 fév., 1986.

Phillips, David W. et **Crowe**, R.B., Climate severity index for Canadians, Downsview, Environment Canada, CLI-1-84, 1984.

Pieper, Jan, "Wind architecture", Bauwelt, vol.72, no.35, 1981, pp. 1495-1501.

Potvin, A. (1998), «Bioclimatic Urban Transitional Spaces», dans les Actes de la Renewable Energy Technologies in Cold Climates Conference'98, SESCI, Montréal, Canada, 4-6 May 1998. (à paraître)

Potvin, A., **Hawkes**, D.U. (1996), "The Internal Exterior. A Thermal Approach to Urban Transitional Spaces", in the Proceeding of the 4th European Conference on Solar Energy in Architecture and Urban Planning, Berlin, Germany, 26-29 march 1996.

Potvin, A. (1995), «Wind in Architecture -An erosion technique to assess wind behaviour about buildings», dans les Actes de la Florence International Conference for Teachers of Architecture, Florence, Italy, 28-30 sept. 1995.

Potvin, A., **Hawkes**, D.U. (1994), "Transitions in Architecture -A bioclimatic approach based on environmental diversity", in the Proceedings of the European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, France, 24-26 November 1994, pp. 331-336.

Potvin, André (1993), Optimisation d'un microclimat extérieur en fonction du vent dans les espaces résidentiels aériens, Thèse de maîtrise, École d'architecture, Université Laval.

Potvin, André (1993), "Optimisation d'un microclimat extérieur en fonction du vent et du soleil" in Québec '93, Energy efficiency and solar energy, Proceedings of 19th Annual Conference of the Solar Energy Society of Canada (SESCI), Québec, 9-13 July, pp. C6-C11.

Powell, Robert, Ken Yeang: rethinking the environment filter, Singapore, Landmark Books Publishers Ltd, 1989.

Rahamimoff, Arie, "Residential cluster based on climate and energy considerations", Energy and Buildings, 7, 1984, pp. 89-107.

Rogers, William C. et **Hanson**, Jeanne K., The winter city book, a survival guide for the frostbelt, Edina MA, Dorn Books, 1980.

Service de la Météorologie, Bulletin météorologique, Ministère des Richesses Naturelles, Québec, Supplément 1976, Vol. XV (13): , 1976.

Shingu, Susumu, "Wind and architecture", Bauwelt, vol.70. no.27. 1979, pp.1159-1161.

Smith, F. et **Wilson**, C.B., "A parametric study of airflow within rectangular walled enclosure", Building and Environment, vol.12. 1977, pp. 223-230.

Spence, R. et Howells, G., "Changing with the weather", Architectural Review, 1136, juin 1991, pp. 56-59.

Theakston, F. H., "Simulated snow storms- a model analysis", Interdisciplinary symposium on advanced concepts and techniques in the study of snow and ice resources, Monterey CA, 1973.

Watson, Donald, "Environmental architecture", Progressive Architecture, Edition spéciale, mars 1991, pp. 103-105.

Wise, A.F.E., "Architectural Aerodynamics", The Canadian Architect, Nov. 1971, pp.27-35.

ANNEXE A

FRÉQUENCE EN % ET VITESSE MOYENNE DES VENTS EN (km/h) RECENSÉES À L'AÉROPORT DE QUÉBEC POUR LA PÉRIODE DE 1955 À 1980. (Environnement Canada, 1981, p.95)

Lat. 46°48'N Long. 071°23'W Elevation 73 m Altitude

	JAN JANV	FEB FEV	MAR MARS	APR AVR	MAY MAI	JUN JUIN	JUL JUIL	AUG AOUT	SEP SEPT	OCT OCT	NOV NOV	DEC DEC	YEAR ANNUEL	
PERCENTAGE FREQUENCY													FRÉQUENCE EN %	
N	4.2	4.5	4.8	4.0	6.2	5.8	6.5	7.7	7.0	6.2	5.4	5.3	5.7	N
NNE	4.3	4.0	4.0	3.7	3.7	3.4	3.4	3.9	4.5	4.6	4.3	3.9	3.9	NNE
NE	6.3	6.9	8.0	6.0	7.4	6.7	4.7	5.7	7.1	7.8	7.7	7.2	7.0	NE
ENE	12.6	14.4	16.6	19.5	18.4	12.0	7.6	8.0	10.6	13.1	15.6	14.7	13.6	ENE
E	3.0	3.8	6.6	8.4	8.0	6.6	4.5	4.5	5.1	4.6	6.3	4.5	5.5	E
ESE	0.4	0.5	0.9	1.4	1.2	1.0	0.0	0.5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	ESE
SE	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	0.6	SE
SSE	0.2	0.3	0.3	0.6	0.6	0.0	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.2	0.5	SSE
S	1.1	0.0	1.2	1.5	1.0	2.1	2.2	1.6	1.5	1.2	0.5	1.0	1.4	S
SSW	3.1	3.1	3.2	3.6	3.6	4.3	5.1	3.2	3.5	3.1	2.3	2.6	3.4	SSW
SW	14.0	12.8	10.1	9.4	10.5	10.8	14.8	12.0	11.2	10.0	9.4	12.6	11.8	SW
WSW	22.7	20.8	19.0	10.4	11.0	15.3	16.4	16.2	14.3	15.9	16.3	18.3	16.1	WSW
W	12.6	12.1	10.5	8.0	7.5	11.2	10.8	12.1	11.3	12.0	12.5	11.3	10.8	W
WNW	4.0	4.2	5.0	5.3	4.7	3.6	4.7	4.4	5.1	4.9	5.0	3.9	4.7	WNW
NW	3.1	3.1	3.5	5.4	4.8	4.0	3.7	4.2	4.3	4.0	3.4	3.1	4.0	NW
NNW	2.1	2.3	3.7	4.1	4.2	3.1	3.2	3.6	4.0	3.8	2.9	2.5	3.0	NNW
Calm	6.2	6.1	5.4	4.3	4.5	8.2	9.8	9.0	8.4	7.2	6.5	7.1	6.9	Calms
MEAN WIND SPEED IN KILOMETRES PER HOUR														
VITESSE MOYENNE DES VENTS EN KILOMÈTRES PAR HEURE														
N	8.7	10.2	10.5	10.6	11.0	9.7	8.3	9.3	8.3	9.6	9.0	9.8	9.7	N
NNE	8.8	9.1	9.4	9.4	9.4	8.9	7.0	8.3	8.3	8.8	8.4	8.6	8.8	NNE
NE	16.6	16.5	15.4	14.6	14.3	14.1	11.4	13.2	12.8	14.7	14.6	15.7	14.6	NE
ENE	24.1	23.9	22.0	20.4	19.0	17.5	15.3	15.6	16.9	18.9	20.3	22.3	19.7	ENE
E	17.4	17.7	17.0	17.8	16.7	14.9	12.2	13.5	13.2	15.0	16.1	19.7	16.7	E
ESE	7.7	8.1	9.6	11.7	10.4	9.2	9.1	9.4	9.2	9.6	10.6	8.2	9.4	ESE
SE	5.5	7.1	6.9	6.8	10.2	8.9	8.2	8.6	7.7	8.6	9.7	8.2	8.2	SE
SSE	6.4	7.0	6.7	8.1	10.1	8.2	8.4	7.8	8.7	7.9	8.1	7.3	7.8	SSE
S	5.0	9.1	5.4	8.4	12.3	10.7	10.0	9.2	10.2	11.1	8.8	9.2	9.9	S
SSW	15.7	16.5	16.5	15.5	16.4	15.5	15.1	13.7	16.1	14.3	15.4	14.6	15.3	SSW
SW	22.3	22.8	22.1	18.4	20.2	18.7	16.8	16.3	17.5	17.6	19.7	20.3	19.4	SW
WSW	24.0	23.7	22.5	19.9	20.3	18.4	16.7	16.9	17.9	18.8	20.1	22.7	20.2	WSW
W	21.1	21.1	21.8	19.0	19.0	16.5	15.4	15.6	16.2	18.1	18.8	21.1	18.7	W
WNW	21.2	19.1	21.0	19.9	19.9	18.1	16.4	15.8	16.2	17.5	18.3	19.0	18.5	WNW
NW	16.3	16.4	18.7	17.6	18.3	15.4	13.5	13.4	14.3	16.8	15.2	16.9	16.2	NW
NNW	13.6	16.9	17.4	15.7	16.9	11.0	11.6	11.5	11.7	14.3	13.9	18.0	14.5	NNW
All Directions													Toutes directions	
	18.9	19.5	19.0	16.8	16.5	14.5	12.8	12.9	13.4	15.0	16.2	17.7	16.0	
Maximum Hourly Speed													Vitesse horaire maximale	
	84 W	97 SW	82 SW	72 ENE	72 WSW	64 SW	77 NW	68 SW	72 ENE	80 WNW	87 ENE	72 SW	97 SW	
Maximum Gust Speed													Vitesse maximale des rafales	
	102 W	110 ENE	111 ENE	101 NE	116 WSW	177 WNW	137 WNW	58 WNW	107 W	111 WNW	113 SW	113 ENE	177 WNW	

Height of anemometer 10.1 m hauteur de l'anémomètre

ANNEXE B

VALEURS DU COEFFICIENT DE DÉBIT DES DÉVERSOIRS RECTANGULAIRES SANS CONTRACTION LATÉRALE D'APRÈS REHBOCK (Lancastre, 1963, p.372)

$$\mu = \frac{2}{3}\left(0{,}605 + \frac{1}{1{,}05\mu h} + 0{,}08\frac{h}{p}\right)$$

$\frac{h}{p}$ \ μ	0,5	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	1,0	0,0	0,0
0,00	0,451	0,444	0,446	0,445	0,444	0,444	0,443	0,443	0,443
0,01	447	438	436	437	435	436	435	433	433
0,02	447	439	430	433	430	429	428	427	425
0,03	454	433	430	433	433	427	425	424	424
0,04	454	431	428	434	429	427	425	427	423
0,05	0,473	0,443	0,434	0,435	0,429	0,427	0,425	0,424	0,421
0,06	483	445	433	431	430	427	425	423	421
0,07	493	450	436	439	433	428	426	423	420
0,08	504	456	440	443	434	429	427	423	420
0,09	513	460	444	445	435	430	428	424	419
0,10		0,466	0,447	0,450	0,436	0,431	0,427	0,424	0,419
0,11		479	449	439	437	434	428	423	420
0,12		476	452	439	439	430	428	423	420
0,13		485	454	441	441	435	430	424	421
0,14		486	459	446	443	436	433	424	421
0,15			0,463	0,448	0,446	0,437	0,433	0,424	0,421
0,16			466	452	435	438	431	424	421
0,17			467	453	437	439	434	425	423
0,18			473	456	439	430	435	433	423
0,19			476	458	441	439	436	426	424
0,20				0,464	0,445	0,437	0,437	0,427	0,424
0,25				471	450	438	437	428	425
0,30					454	439	438	430	426
0,35					456	441	439	431	426
0,40					458	443	439	432	426
0,45						0,446	0,440	0,433	0,427
0,50						448	442	434	427
0,55						450	443	435	428
0,60						452	444	436	428
0,65						453	445	437	429
0,70						0,455	0,446	0,438	0,430
0,75						456	448	439	431
0,80						457	449	440	432

VITESSE ÉQUIVALENTE (U_m) EN FONCTION DE LA CHARGE D'EAU (h) SUR LE SEUIL DU DÉVERSOIR

CHARGE (h)	HAUTEUR (H)	SECTION (A)	DÉBIT (Q)	U_m
8	25	0,150	0,026	0,17
9	26	0,156	0,032	0,21
10	27	0,162	0,037	0,23
11	28	0,168	0,043	0,26
12	29	0,174	0,05	0,29
13	30	0,180	0,056	0,31
14	31	0,186	0,063	0,34
15	32	0,194	0,071	0,37
16	33	0,198	0,079	0,4
17	34	0,204	0,087	0,43
18	35	0,210	0,095	0,45
19	36	0,216	0,104	0,48
20	37	0,222	0,113	0,51

ANNEXE C

Moulinet B: $U = (0{,}8331n / 3{,}28) + 0{,}016$
#3-36495

où: U = vitesse du courant mesurée à 0,6 H (m/s)
n = nombre de révolutions du moulinet par seconde = N/50.

DÉBIT DU CANAL (l/s)	MOULINET B CALIBRÉ (N)	MOULINET A À CALIBRER (N)	VITESSE MOYENNE ÉQUIVALENTE d'après équation (m/s)
	96	427	
	97	428	
	93	421	
	99	422	
	96	422	
MOYENNE (N)	96	424	0,504
	78	335	
	76	332	
	77	337	
	78	337	
	78	332	
MOYENNE (N)	77	335	0,407
	67	281	
	66	280	
	66	282	
	65	293	
	65	293	
MOYENNE (N)	66	285	0,351
	48	194	
	48	184	
93	47	189	
	47	186	
	45	182	
MOYENNE (N)	47	186	0,255
	36	151	
	34	140	
70,9	36	143	
	35	135	
	36	136	
MOYENNE (N)	36	140	0,199
	29	118	
	33	112	
59,9	29	111	
	32	114	
	29	114	
MOYENNE (N)	30	113	0,169

ANNEXE D

Moulinet A: U = (N+48,044)/942,16

TEST 11 - STATION A - 23/05/97, 12h00

T air=75°F, Ti eau = 82,5°F, Tf eau = 88°F

n = nombre de révolutions du moulinet / 50 secondes

	0,2L (N)	0,5L (N)	0,8L (N)	Moy. (N)	U Moy. (m/s)
	350	385	367		
	361	352	378		
0,8H	389	346	389		
	385	346	356		
	371	346	324		
Moyenne	371	355	363	363	0,44
	298	269	256		
	325	315	316		
0,4H	345	286	325		
	269	300	294		
	327	315	361		
Moyenne	313	297	310	307	0,38
	268	232	268		
	245	256	278		
0,2H	236	244	281		
	278	213	291		
	298	264	250		
Moyenne	265	242	274	260	0,33

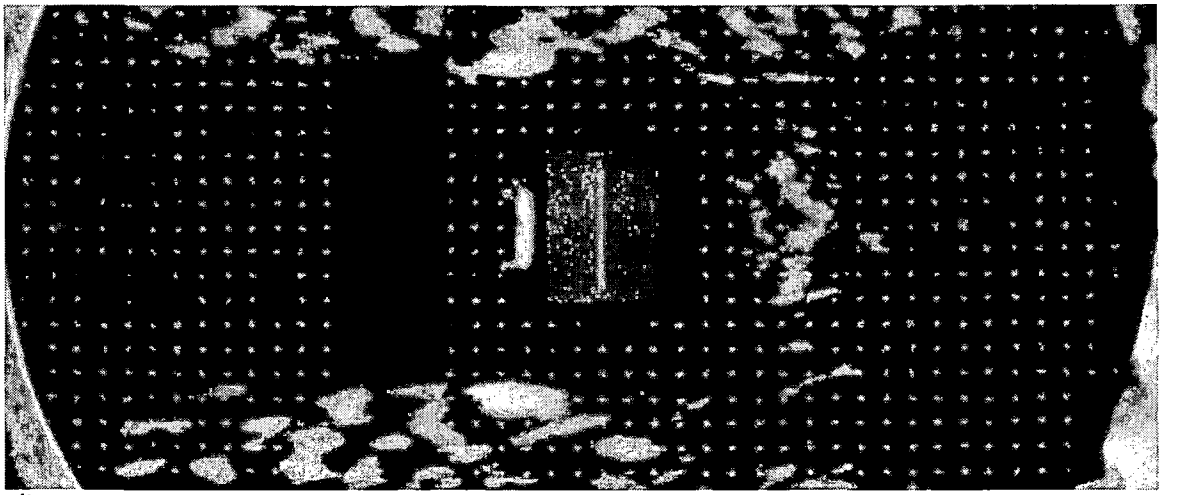
TEST 11 - STATION B - 23/05/97, 17h00

T air=77°F, Ti eau = 88°F, Tf eau = 89,5°F

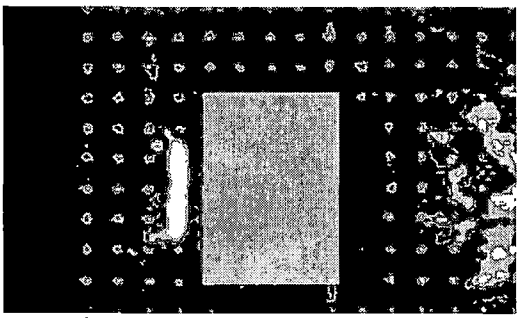
	0,2L (N)	0,5L (N)	0,8L (N)	Moy. (N)	Moy. (m/s)
	349	356	367		
	361	321	361		
0,8H	351	352	389		
	385	346	320		
	325	346	324		
Moyenne	354	344	352	350	0,42
	298	251	256		
	325	302	301		
0,4H	311	275	302		
	269	299	294		
	312	315	312		
Moyenne	303	288	293	295	0,36
	268	232	268		
	245	201	231		
0,2H	236	225	281		
	212	213	213		
	298	264	250		
Moyenne	252	227	249	242	0,31

ANNEXE E

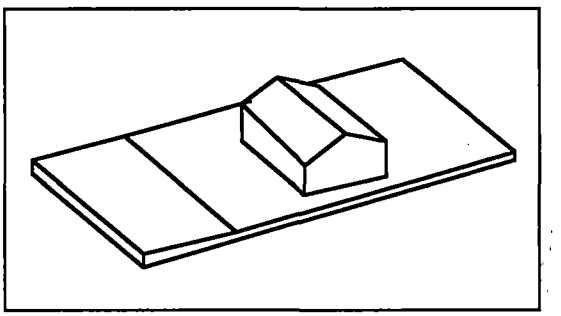
Fh2-1Aiso

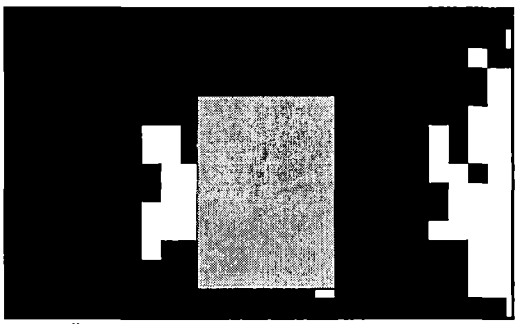


site



posterize



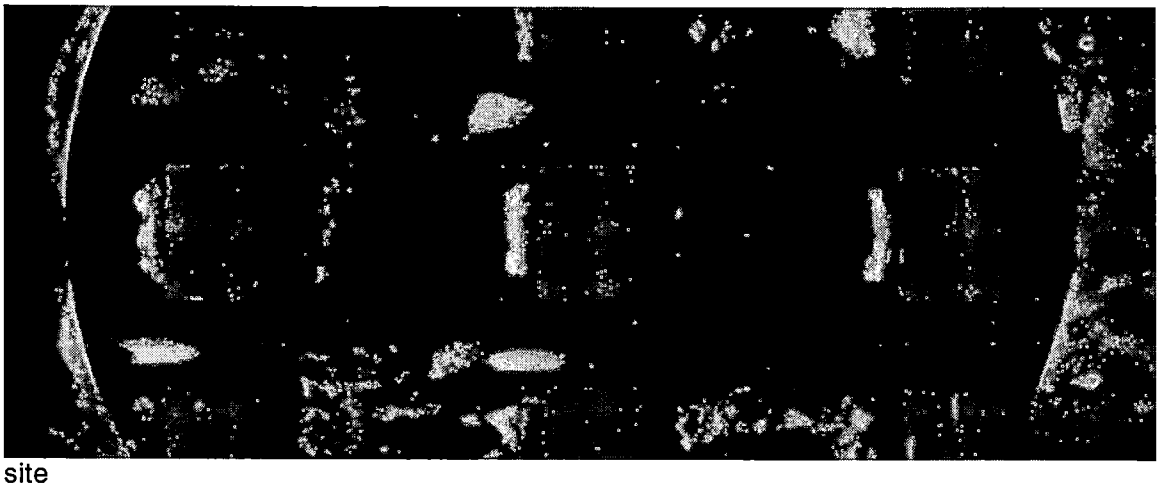


mosaïc

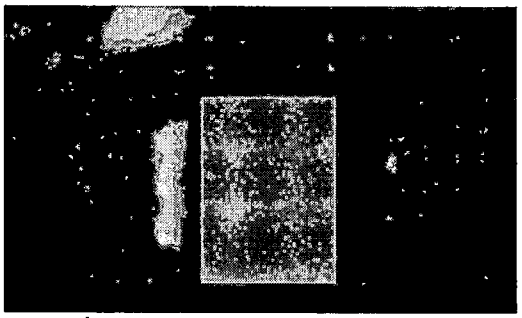
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	Rue (R) (%)		Stationnement (S) nb. pxl.	Stationnement (S) (%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	Cour avant (Av) (%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	Cour arrière (Ar) (%)		
Tot.		*9408*			*8392*			*9817*			*21190*			
1	0	9147			7473			7351			15327			
2	10	0	0	0	0	0	0	1490	60	604	3561	61	607	
3	8	249	95	763	0	0	0	392	16	127	2006	34	274	
4	6	0	0	0	835	91	545	584	24	142	296	5	30	
5	4	12	5	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	84	9	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,5			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,8			11,0			25,1			27,7	
Az pond./Ipa (Azp)				**2,2**			**6,0**			**21,9**			**25,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			1,0			4,4			10,9	16,8
%Protection Av+Ar										6,9			17,2	**24,2**
%Protection R+S				1,5			5,2							**6,6**
Indice performance														***12,9***

Tableau des résultats

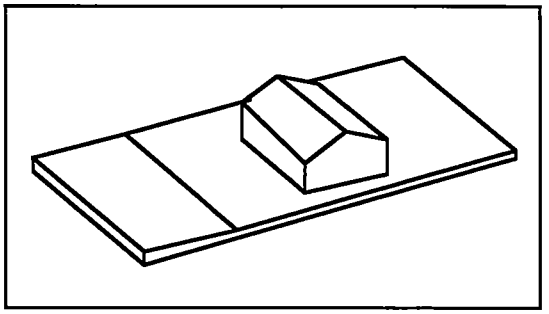
Fh2-1Aa

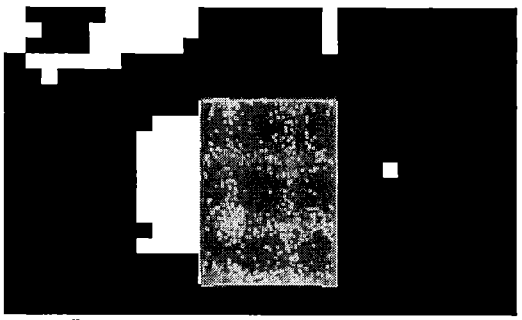


site



posterize



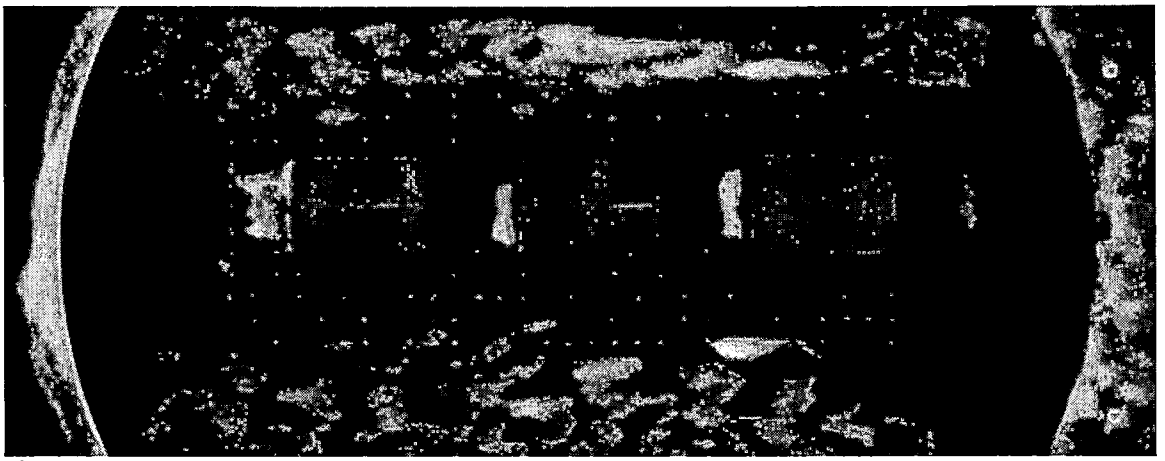


mosaïc

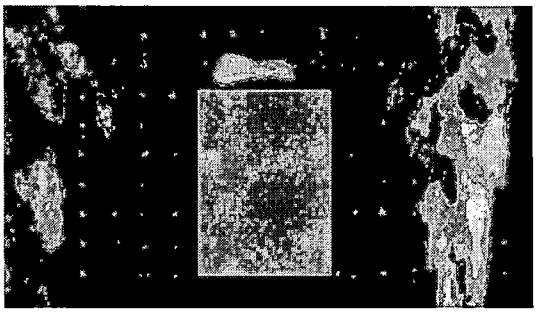
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14640*			*13451*			*14869*			*32932*			
1	0	12648			8974			8393			30774			
2	10	1710	86	858	2278	51	509	3991	62	616	2046	95	948	
3	8	267	13	107	496	11	89	614	9	76	84	4	31	
4	6	15	1	5	628	14	84	853	13	79	28	1	8	
5	4	0	0	0	1063	24	95	1010	16	62	0	0	0	
6	2	0	0	0	12	0	1	8	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				13,6			33,3			43,6			6,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**13,2**			**25,9**			**36,3**			**6,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				2,5			4,6			7,1			2,8	17,1
%Protection Av+Ar										11,3			4,5	**15,8**
%Protection R+S				7,1			15,9							**23,0**
Indice performance														***1,4***

Tableau des résultats

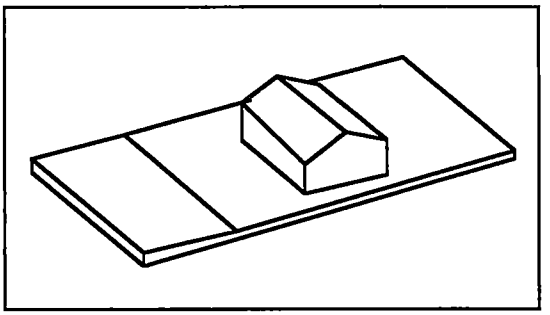
Lh2-1Aa

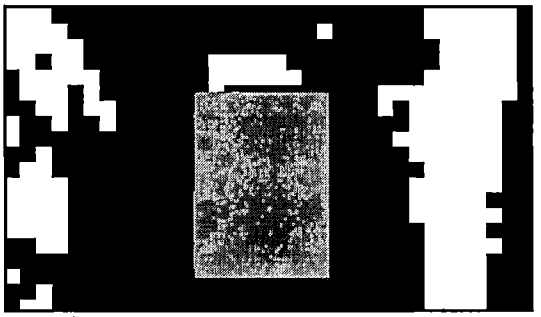


site



posterize



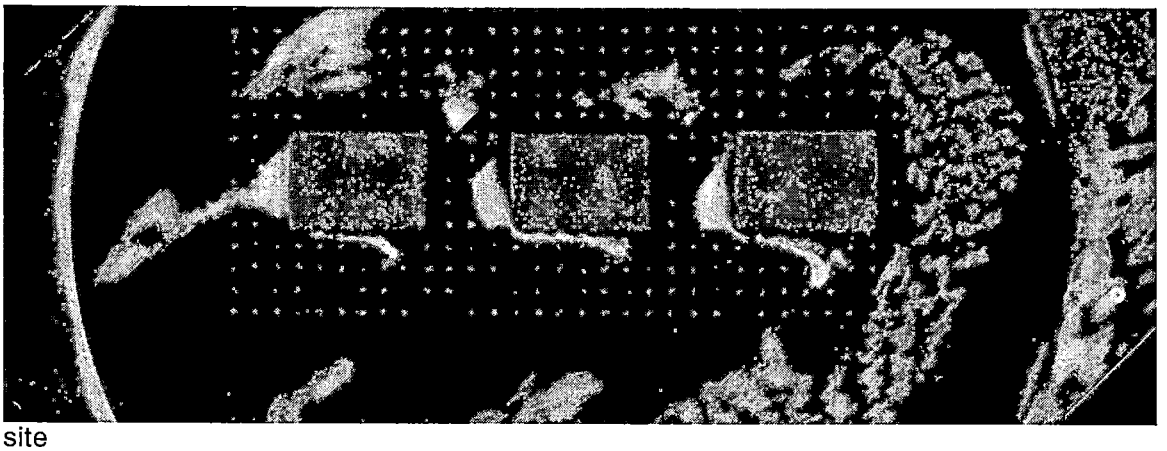


mosaïc

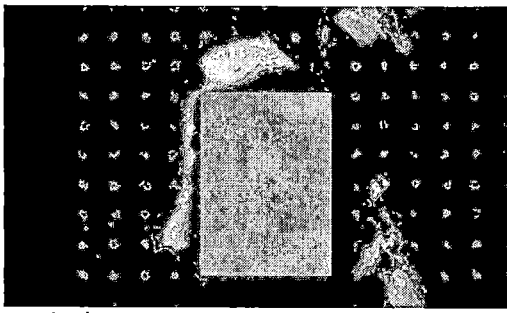
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14396*			*12540*			*15386*			*35869*			
1	0	5131			9766			13509			18745			
2	10	2945	32	318	1392	50	502	1503	80	801	3726	22	218	
3	8	4032	44	348	433	16	125	307	16	131	4164	24	195	
4	6	2137	23	138	476	17	103	67	4	21	7116	42	249	
5	4	151	2	7	463	17	67	0	0	0	2116	12	49	
6	2	0	0	0	10	0	1	0	0	0	2	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			1,0			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				64,4			22,1			12,2			47,7	
Az pond./Ipa (Azp)				**52,2**			**17,6**			**11,6**			**33,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				9,6			2,8			2,3			15,6	30,3
%Protection Av+Ar										3,5			23,8	**27,2**
%Protection R+S				34,4			10,3							**44,7**
Indice performance														***2,5***

Tableau des résultats

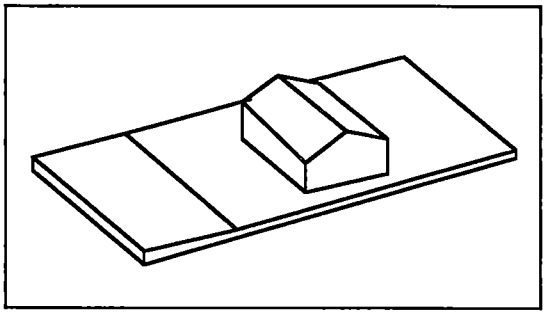
Dh3-1Aa

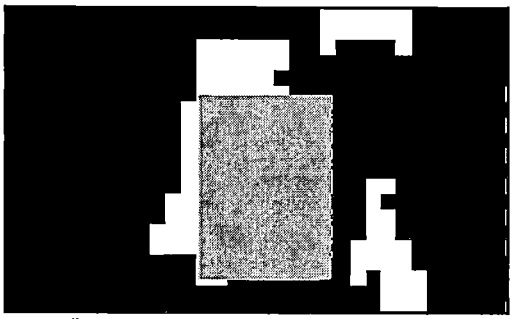


site



posterize



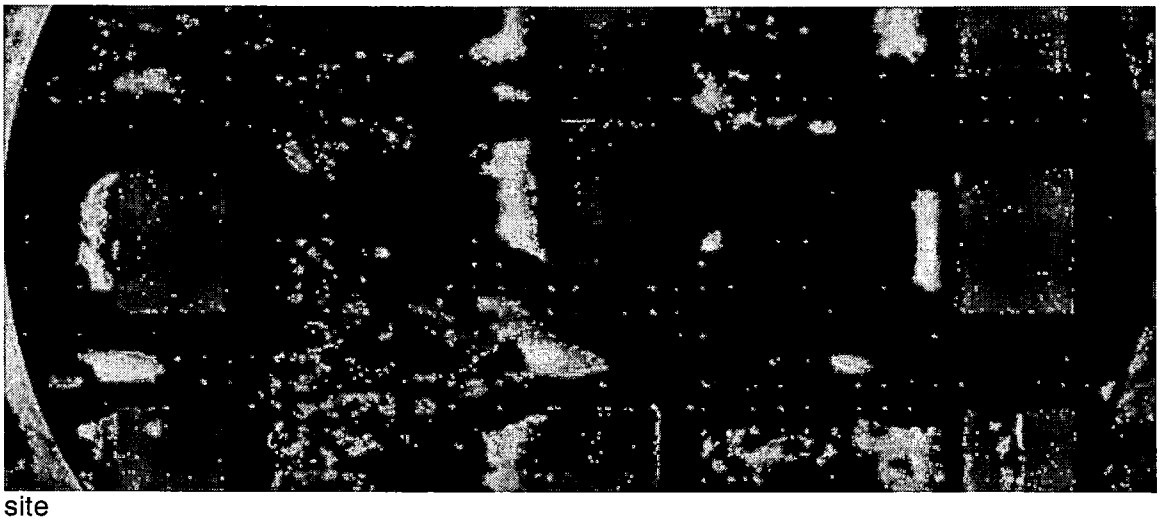


mosaïc

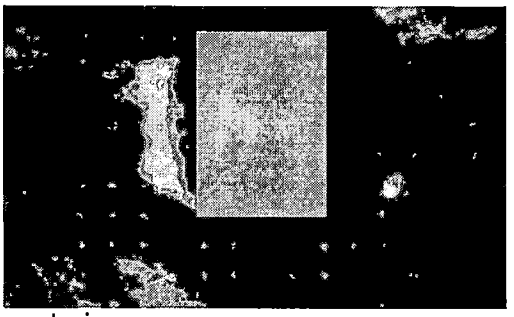
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14160*			*12668*			*14699*			*31352*			
1	0	13889			8943			11564			25539			
2	10	247	91	911	1553	42	417	1627	52	519	2684	46	462	
3	8	24	9	71	375	10	81	497	16	127	1492	26	205	
4	6	0	0	0	422	11	68	570	18	109	1495	26	154	
5	4	0	0	0	1210	32	130	407	13	52	142	2	10	
6	2	0	0	0	165	4	9	34	1	2	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,9			29,4			21,3			18,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,9**			**20,7**			**17,3**			**15,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			3,6			3,5			6,6	14,1
%Protection Av+Ar										5,5			10,5	**16,0**
%Protection R+S				1,0			13,9							**14,9**
Indice performance														***4,6***

Tableau des résultats

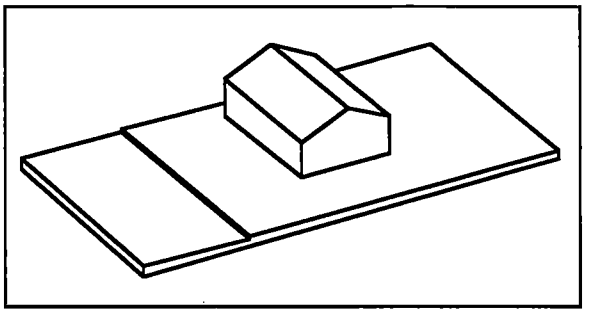
Fh2-1Ab

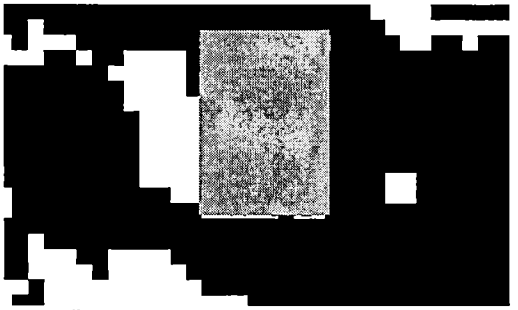


site



posterize



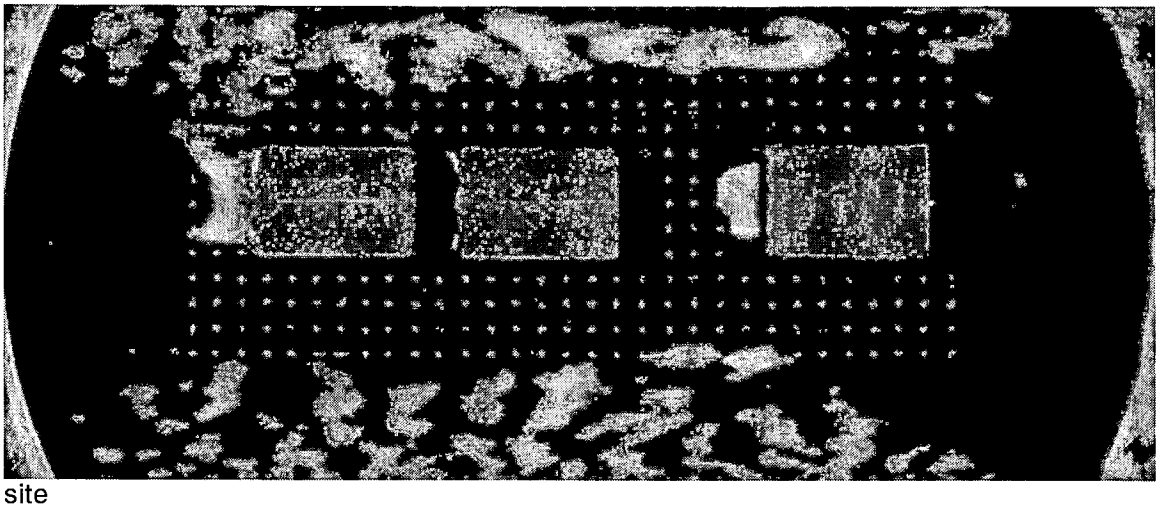


mosaïc

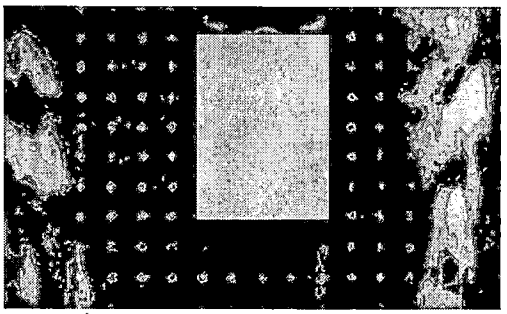
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*13175*			*14272*			*32625*			
1	0	10475			9380			8331			28919			
2	10	1755	55	546	1399	37	369	1645	28	277	2266	61	611	
3	8	1310	41	326	1148	30	242	900	15	121	756	20	163	
4	6	145	5	27	1248	33	197	1384	23	140	510	14	83	
5	4	3	0	0	0	0	0	1985	33	134	174	5	19	
6	2	0	0	0	0	0	0	27	0	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,8			0,7			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				23,5			28,8			41,6			11,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**21,1**			**23,3**			**28,0**			**10,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,9			4,2			5,4			4,4	17,9
%Protection Av+Ar										8,5			6,9	**15,4**
%Protection R+S				12,0			14,1							**26,1**
Indice performance														***0,3***

Tableau des résultats

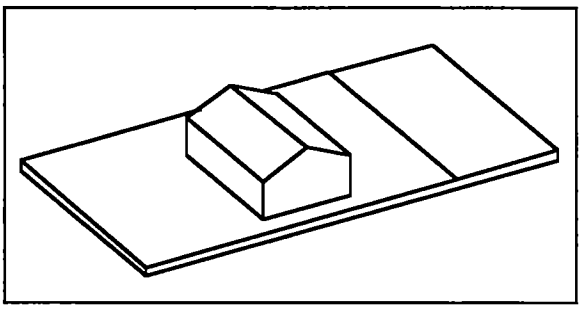
Lh2-1Ab

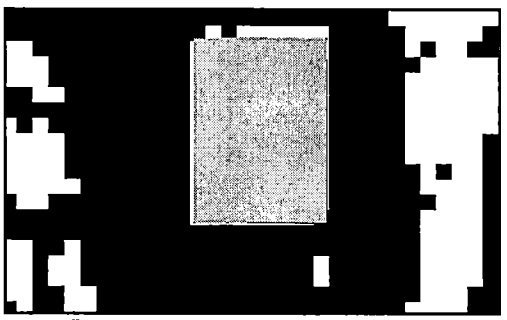


site



posterize



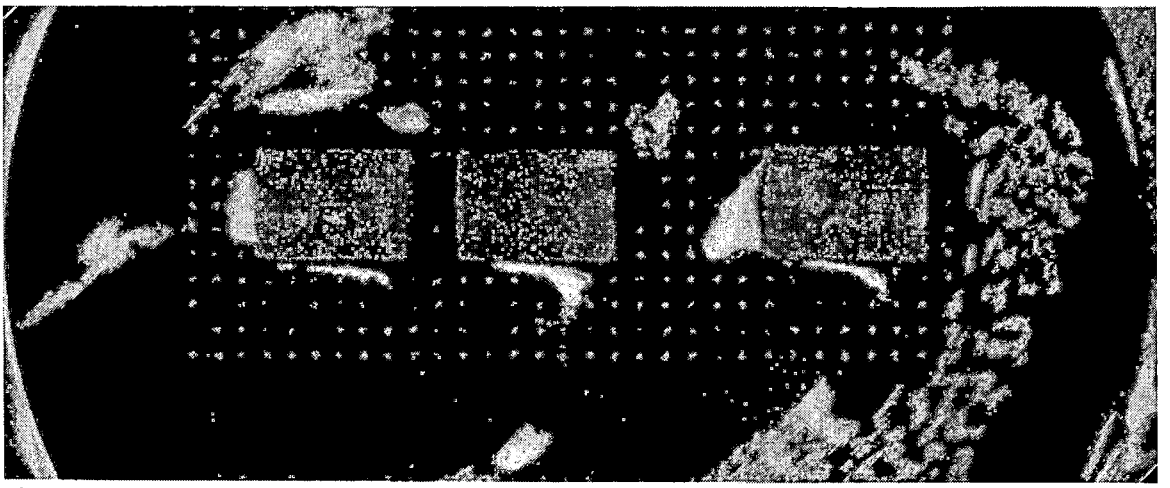


mosaïc

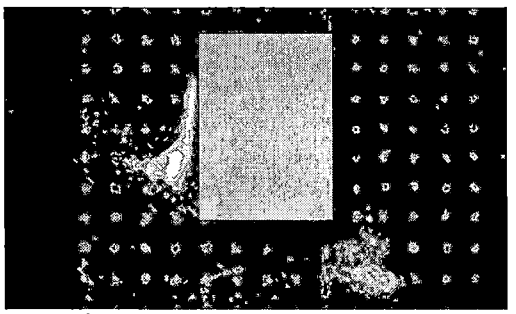
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14160*			*13451*			*14604*			*31342*			
1	0	6709			11995			13412			17986			
2	10	2420	32	325	981	67	674	1045	88	877	3586	27	268	
3	8	2369	32	254	244	17	134	147	12	99	2709	20	162	
4	6	2448	33	197	213	15	88	0	0	0	5043	38	227	
5	4	214	3	11	18	1	5	0	0	0	2018	15	60	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,9			1,0			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				52,6			10,8			8,2			42,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**41,5**			**9,7**			**8,0**			**30,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				8,0			1,8			1,6			13,0	24,4
%Protection Av+Ar										2,5			20,9	**23,4**
%Protection R+S				27,0			5,3							**32,3**
Indice performance														***2,5***

Tableau des résultats

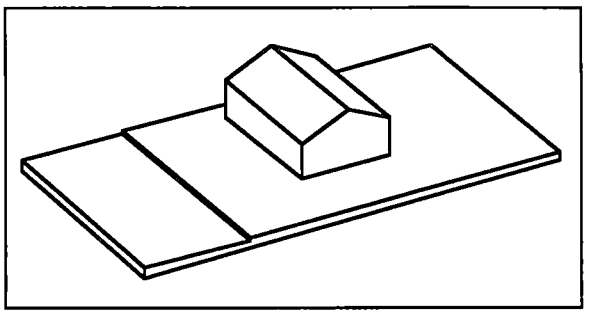
Dh3-1Ab

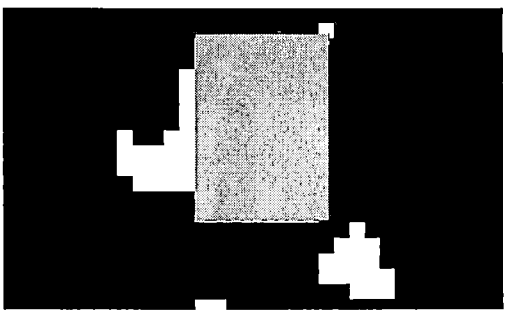


site



posterize



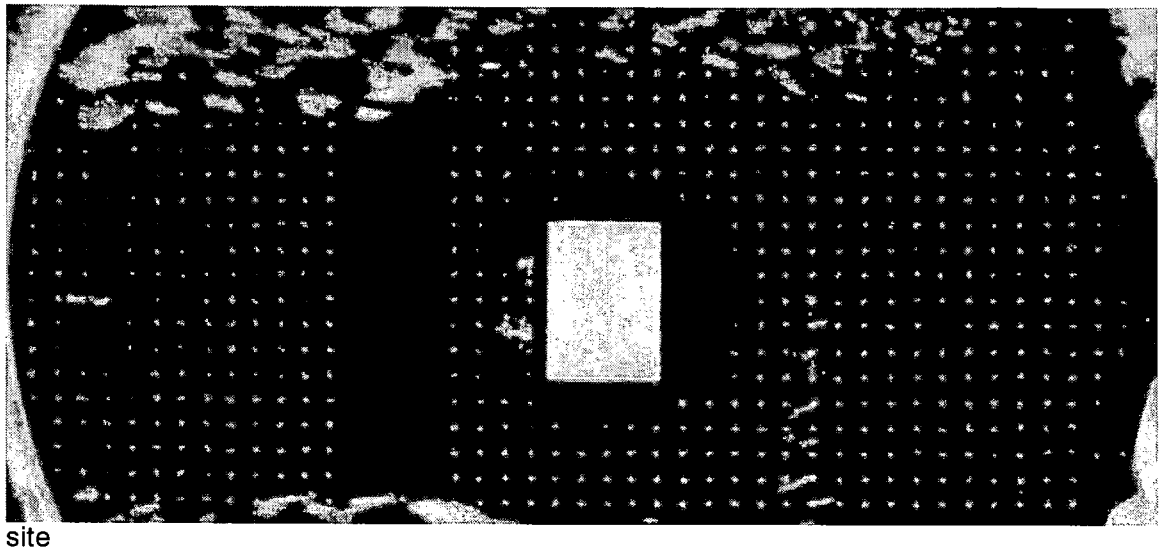


mosaïc

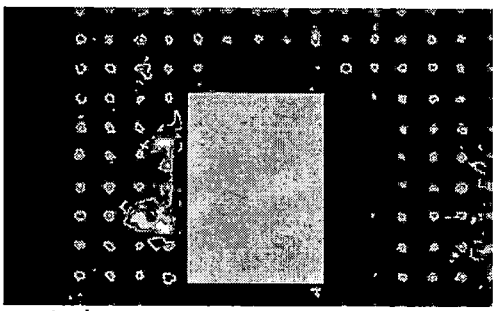
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*13188*			*14125*			*31721*			
1	0	13543			11505			10717			27722			
2	10	311	82	816	1346	80	800	1897	56	557	2385	60	596	
3	8	70	18	147	325	19	154	515	15	121	867	22	173	
4	6	0	0	0	12	1	4	653	19	115	614	15	92	
5	4	0	0	0	0	0	0	343	10	40	133	3	13	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			0,8			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,7			12,8			24,1			12,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**2,6**			**12,2**			**20,1**			**11,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,5			2,2			3,9			4,8	11,4
%Protection Av+Ar										6,2			7,6	**13,8**
%Protection R+S				1,4			6,2							**7,6**
Indice performance														***5,9***

Tableau des résultats

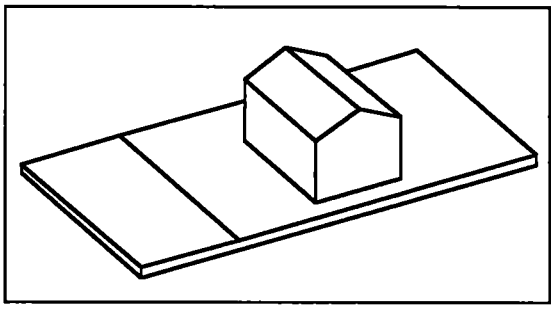
Fh2-2Aiso

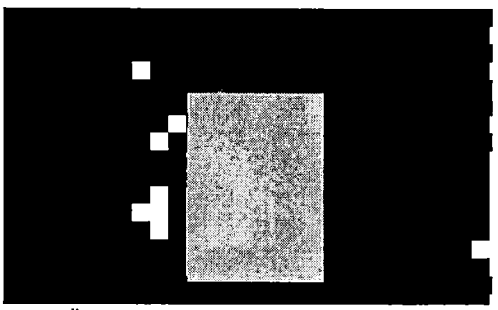


site



posterize



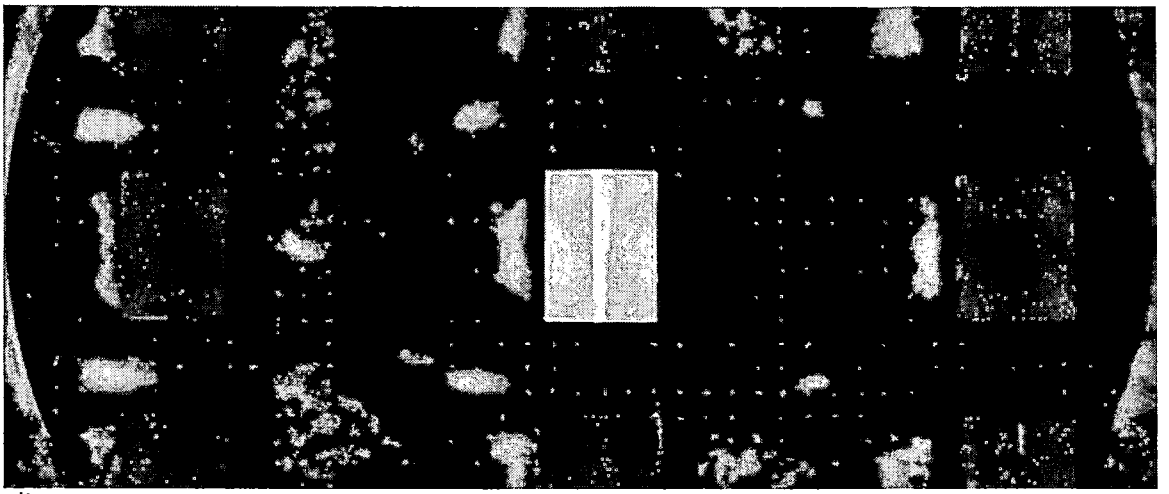


mosaïc

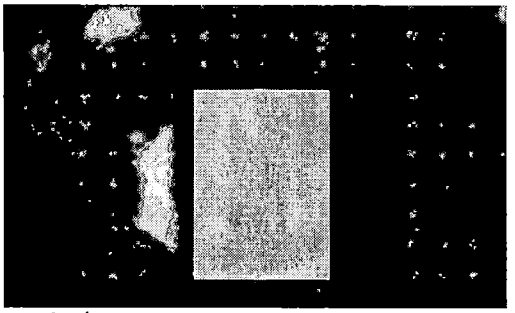
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9552*			*9256*			*10395*			*22557*			
1	0	9345			8418			8184			20673			
2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	8	195	94	754	802	96	766	1832	83	663	1714	91	728	
4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	4	12	6	23	36	4	17	313	14	57	167	9	35	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	66	3	0	3	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			0,7			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,2			9,1			21,3			8,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,7**			**7,1**			**15,3**			**6,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			1,3			3,1			2,8	7,4
%Protection Av+Ar										4,8			4,4	**9,2**
%Protection R+S				1,1			4,5							**5,6**
Indice performance														***3,8***

Tableau des résultats

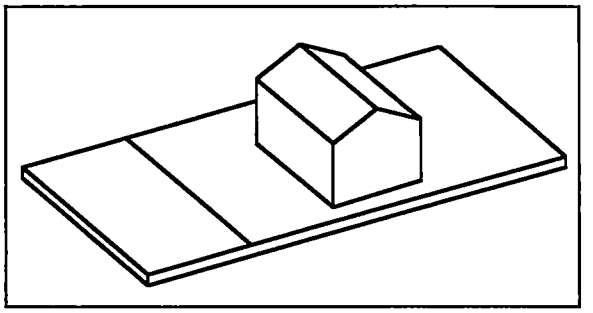
Fh2 -2Aa

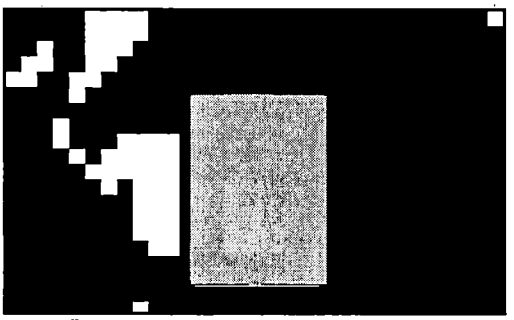


site



posterize



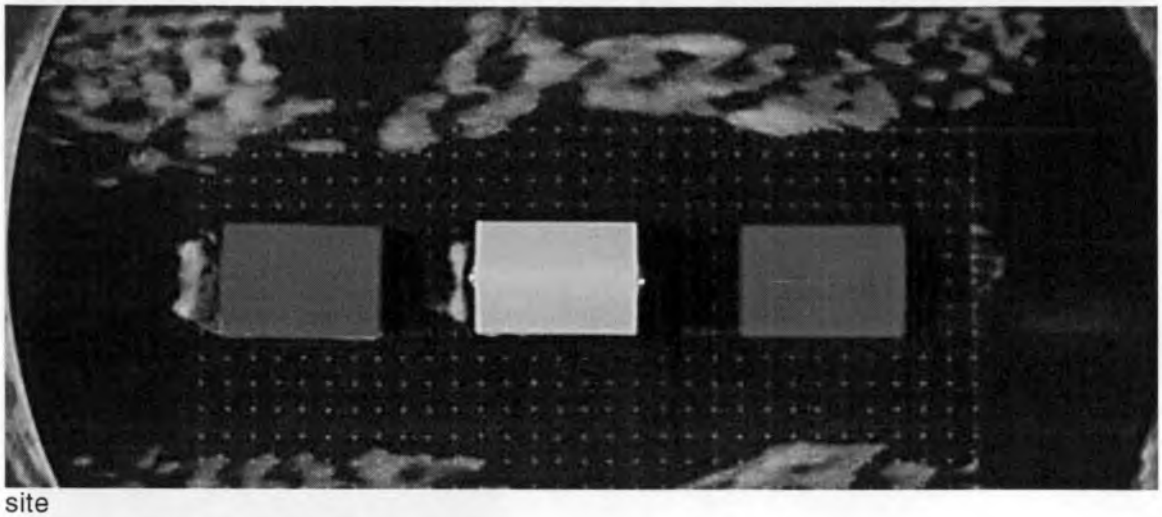


mosaïc

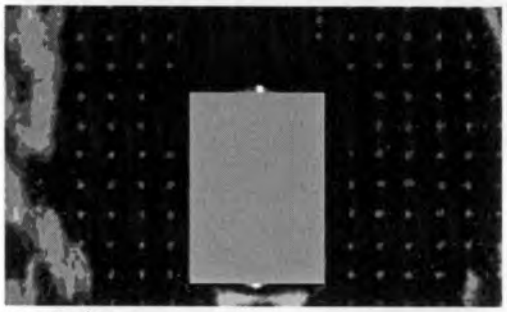
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13691*			*10906*			*14276*			*32191*			
1	0	12062			9517			9175			30370			
2	10	1416	87	869	183	13	132	2386	47	468	1661	91	912	
3	8	195	12	96	379	27	218	580	11	91	103	6	45	
4	6	18	1	7	253	18	109	662	13	78	22	1	7	
5	4	0	0	0	523	38	151	1473	29	116	35	2	8	
6	2	0	0	0	51	4	7	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,6			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				11,9			12,7			35,7			5,7	
Az pond./Ipa (Azp)				**11,6**			**7,9**			**26,9**			**5,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				2,2			1,2			5,4			2,5	11,3
%Protection Av+Ar										8,3			3,8	**12,1**
%Protection R+S				6,6			5,6							**12,3**
Indice performance														***3,6***

Tableau des résultats

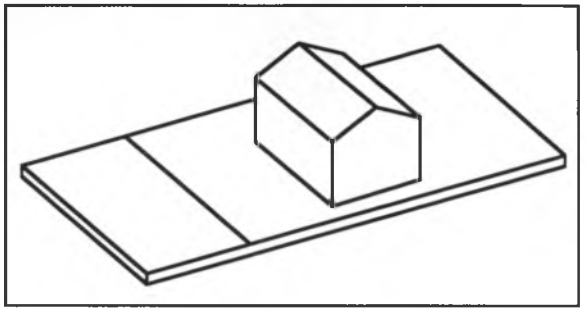
Lh1 -2Aa

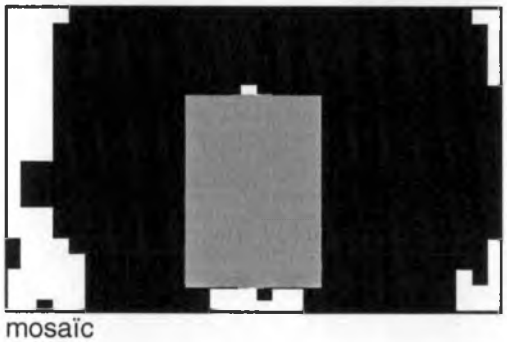


site



posterize



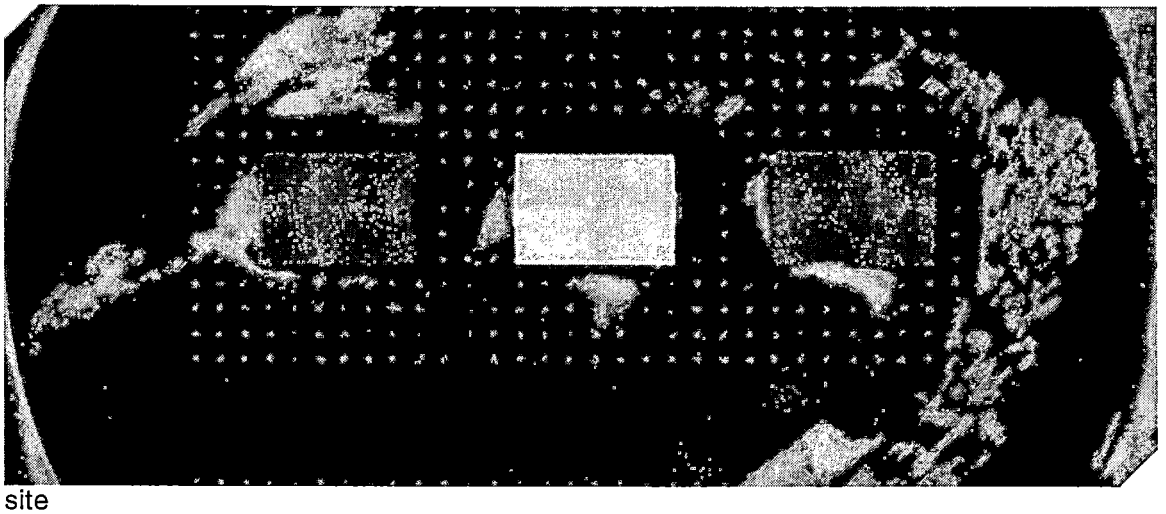


mosaïc

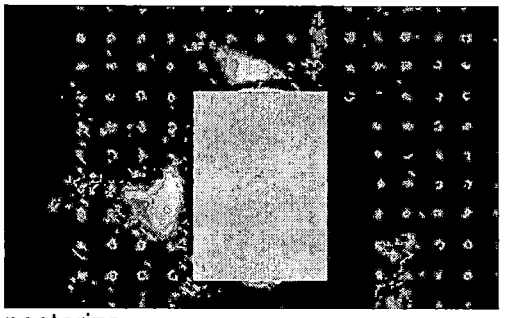
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*12470*			*14192*			*32426*			
1	0	4353			12095			12976			29190			
2	10	2259	24	236	344	92	917	862	71	709	2271	70	702	
3	8	3137	33	262	14	4	30	273	22	180	606	19	150	
4	6	4104	43	257	3	1	5	81	7	40	359	11	67	
5	4	71	1	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	0	11	3	6	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			1,0			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				68,7			3,0			8,6			10,0	
Az pond./Ipa (Azp)				**52,1**			**2,9**			**8,0**			**9,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				9,9			0,5			1,5			4,1	16,1
%Protection Av+Ar										2,4			6,4	**8,8**
%Protection R+S				36,3			1,4							**37,7**
Indice performance														***-8,0***

Tableau des résultats

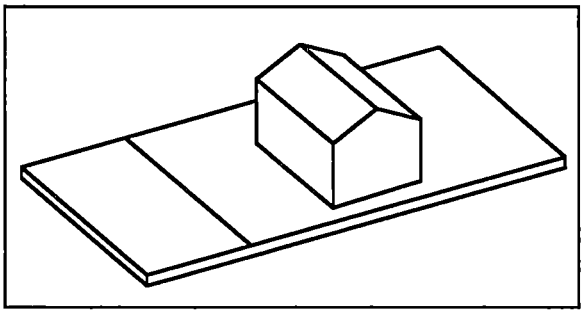
Dh3 -2Aa

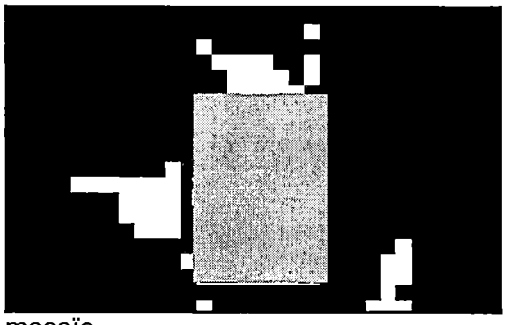


site



posterize



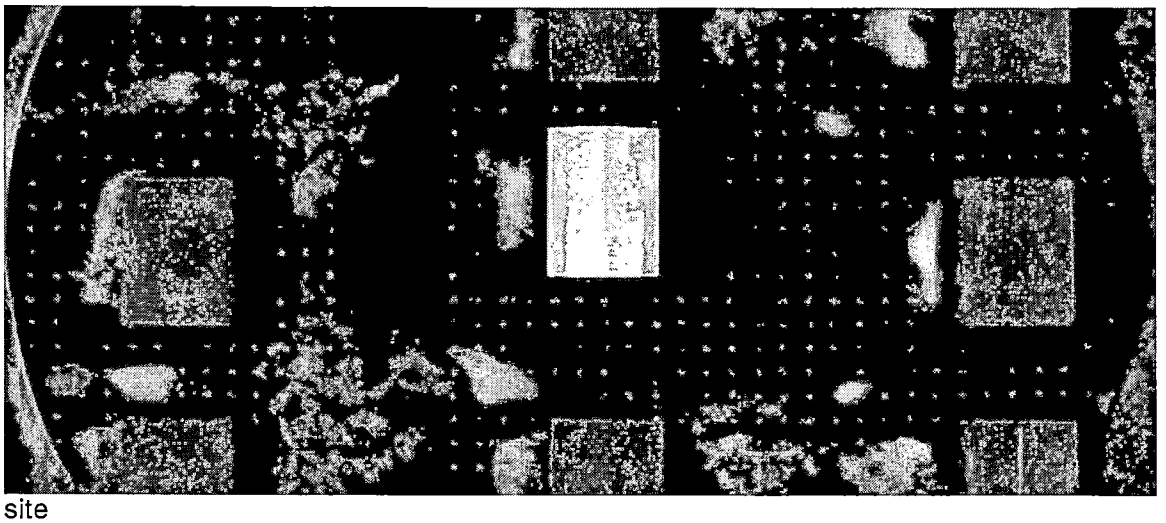


mosaïc

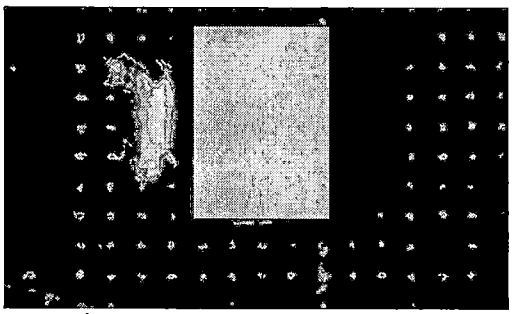
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*12541*			*20787*			*31118*			
1	0	13177			9852			16789			28134			
2	10	456	89	892	1665	62	619	2279	57	570	2631	88	882	
3	8	53	10	83	359	13	107	621	16	124	308	10	83	
4	6	2	0	2	323	12	72	462	12	69	35	1	7	
5	4	0	0	0	338	13	50	621	16	62	10	0	1	
6	2	0	0	0	4	0	0	15	0	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				3,7			21,4			19,2			9,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**3,6**			**18,2**			**15,9**			**9,3**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,6			2,9			4,2			3,7	11,5
%Protection Av+Ar										6,4			5,6	**12,0**
%Protection R+S				1,9			10,3							**12,2**
Indice performance														***3,8***

Tableau des résultats

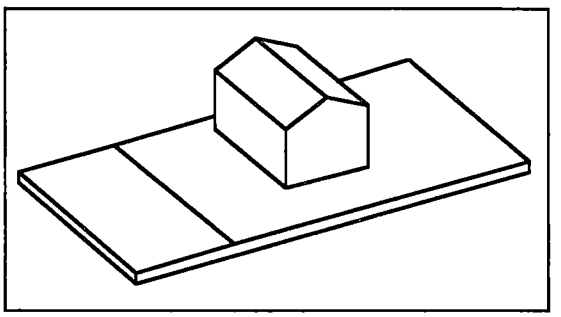
Fh2 -2Ab

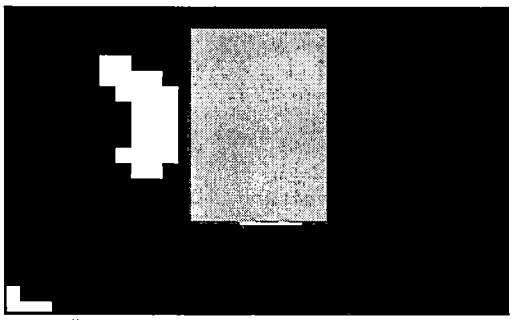


site



posterize



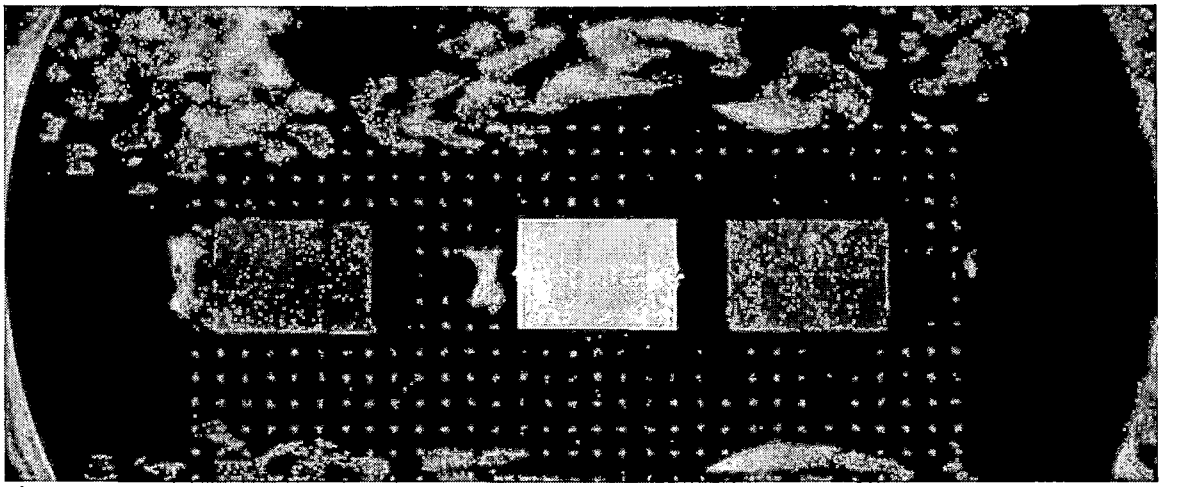


mosaïc

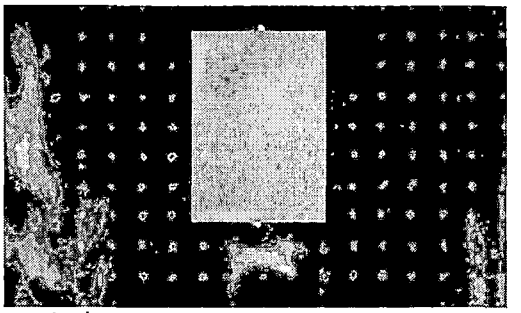
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*13291*			*12118*			*32191*			
1	0	12888			12278			9522			31258			
2	10	779	97	974	833	82	822	1213	47	467	930	##	997	
3	8	19	2	19	78	8	62	740	29	228	3	0	3	
4	6	2	0	2	102	10	60	113	4	26	0	0	0	
5	4	0	0	0	0	0	0	530	20	82	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				5,8			7,6			21,4			2,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**5,8**			**7,2**			**17,2**			**2,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				1,1			1,3			2,9			1,3	6,7
%Protection Av+Ar										4,7			2,1	**6,8**
%Protection R+S				3,0			3,8							**6,7**
Indice performance														***1,7***

Tableau des résultats

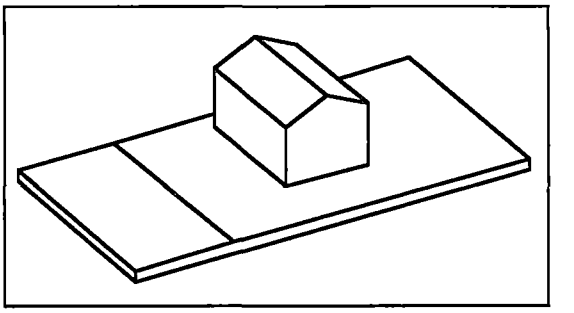
Lh1 -2Ab

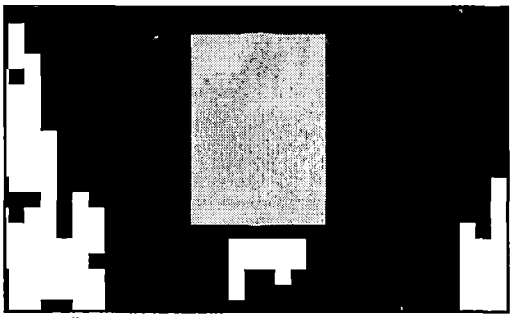


site



posterize



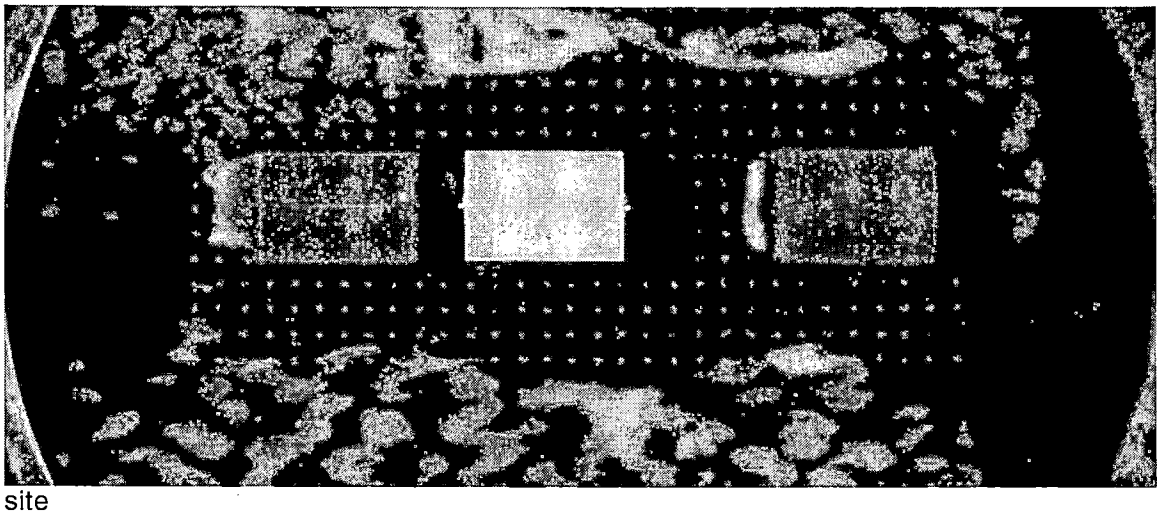


mosaïc

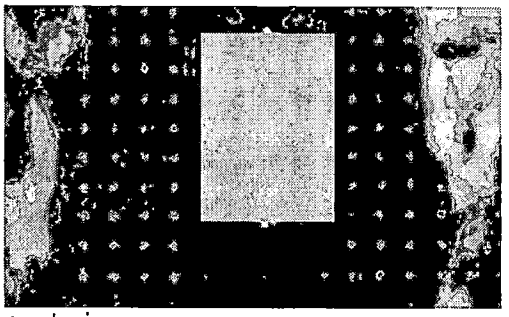
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14160*			*12223*			*32987*			*27608*			
1	0	6123			9050			28939			19387			
2	10	2050	26	255	1354	43	427	2132	53	527	8110	99	986	
3	8	3085	38	307	828	26	209	1318	33	260	110	1	11	
4	6	2664	33	199	607	19	115	598	15	89	1	0	0	
5	4	238	3	12	377	12	48	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			0,9			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				56,8			26,0			12,3			29,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**43,9**			**20,7**			**10,7**			**29,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				7,1			2,9			4,1			9,4	23,6
%Protection Av+Ar										5,9			13,5	**19,4**
%Protection R+S				30,5			12,0							**42,5**
Indice performance														***0,6***

Tableau des résultats

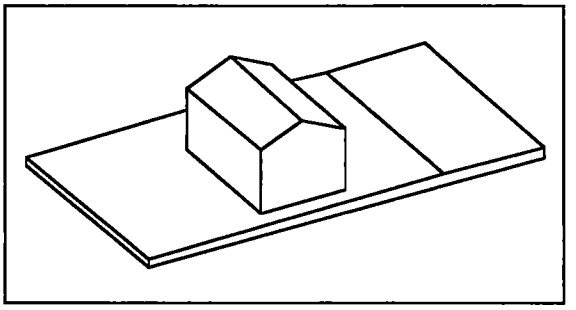
Lh2 -2Ab

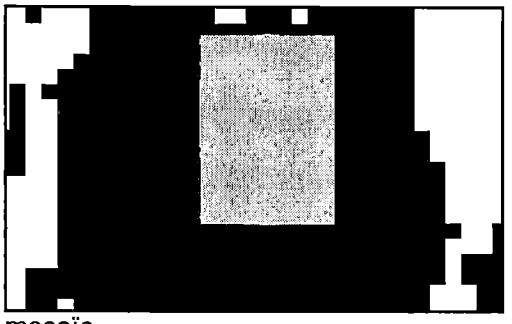


site



posterize



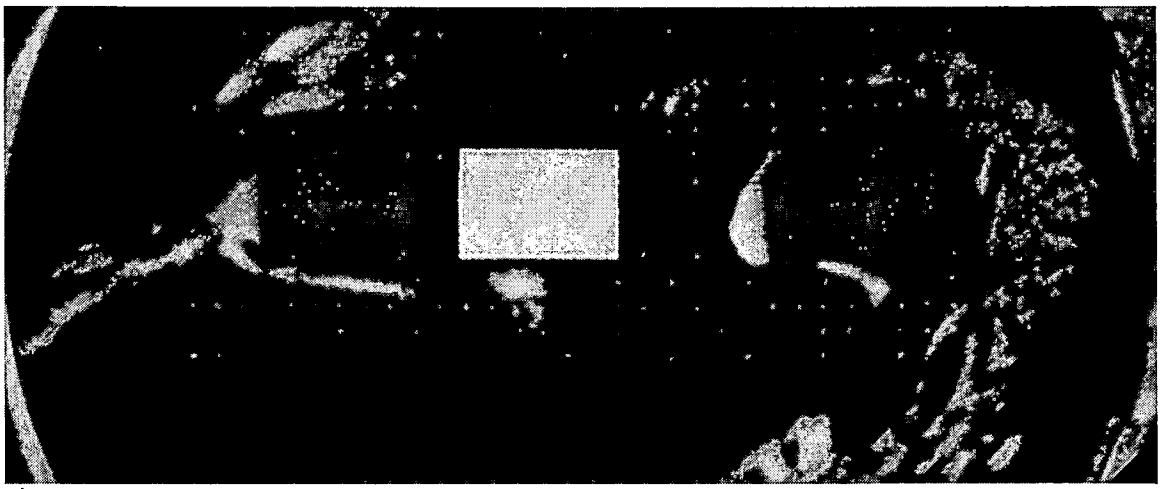


mosaïc

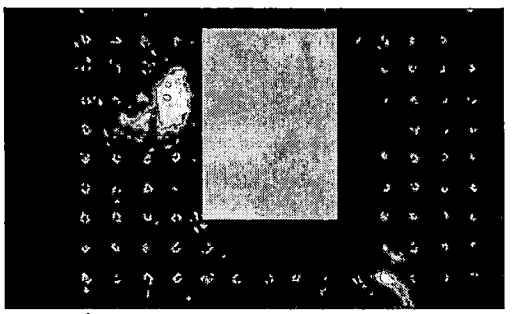
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*12346*			*14786*			*29968*			
1	0	5762			11926			13694			17446			
2	10	2144	26	263	394	94	938	948	87	868	2836	23	226	
3	8	2365	29	232	18	4	34	141	13	103	1891	15	121	
4	6	3425	42	252	1	0	1	3	0	2	4173	33	200	
5	4	228	3	11	3	1	3	0	0	0	3622	29	116	
6	2	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			1,0			1,0			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				58,6			3,4			7,4			41,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**44,4**			**3,3**			**7,2**			**27,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				8,7			0,6			1,5			11,7	22,5
%Protection Av+Ar										2,4			18,5	**20,9**
%Protection R+S				31,1			1,6							**32,7**
Indice performance														***1,1***

Tableau des résultats

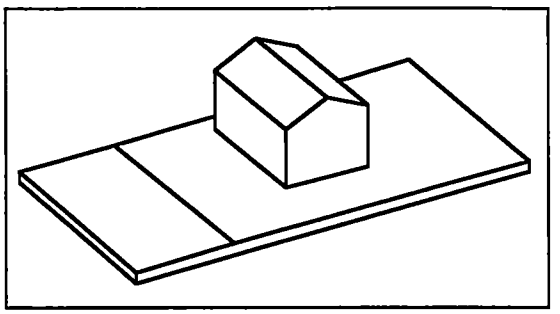
Dh3 -2Ab

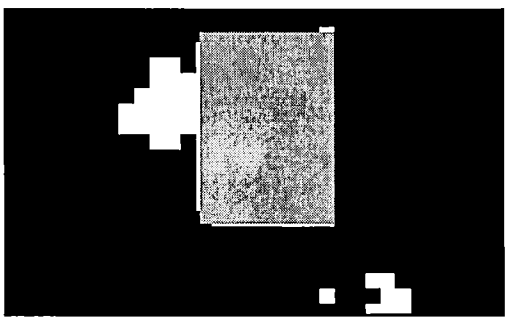


site



posterize



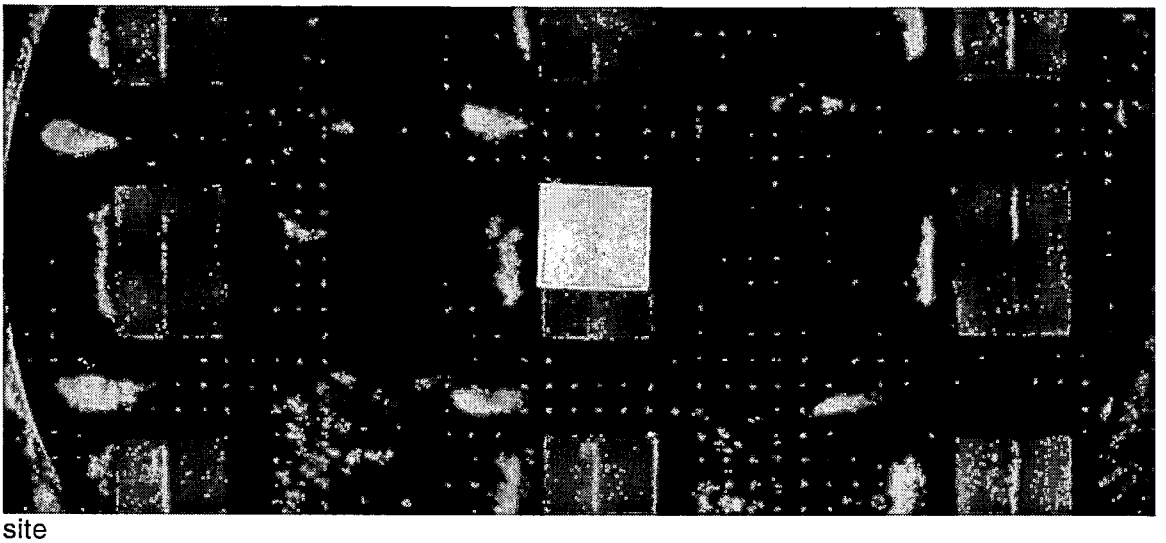


mosaïc

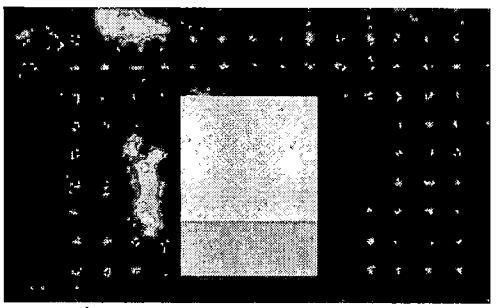
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*13790*			*15272*			*30766*			
1	0	13611			12681			11270			28328			
2	10	0	0	0	1094	99	986	2526	63	631	2043	84	838	
3	8	309	99	790	15	1	11	625	16	125	339	14	111	
4	6	0	0	0	0	0	0	839	21	126	56	2	14	
5	4	4	1	5	0	0	0	12	0	1	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			1,0			0,9			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,2			8,0			26,2			7,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,8**			**8,0**			**23,1**			**7,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			1,5			4,8			3,2	9,8
%Protection Av+Ar										7,7			5,1	**12,8**
%Protection R+S				1,1			4,0							**5,1**
Indice performance														***6,0***

Tableau des résultats

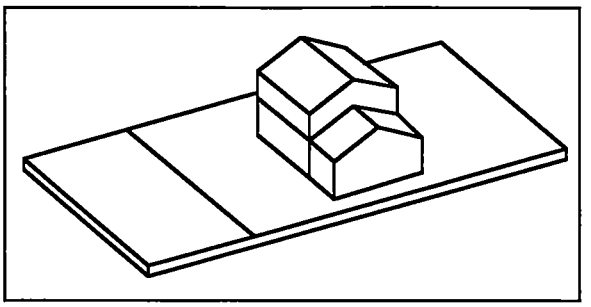
Fh2-2Yb

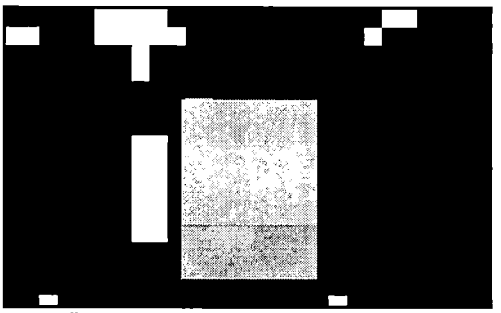


site



posterize



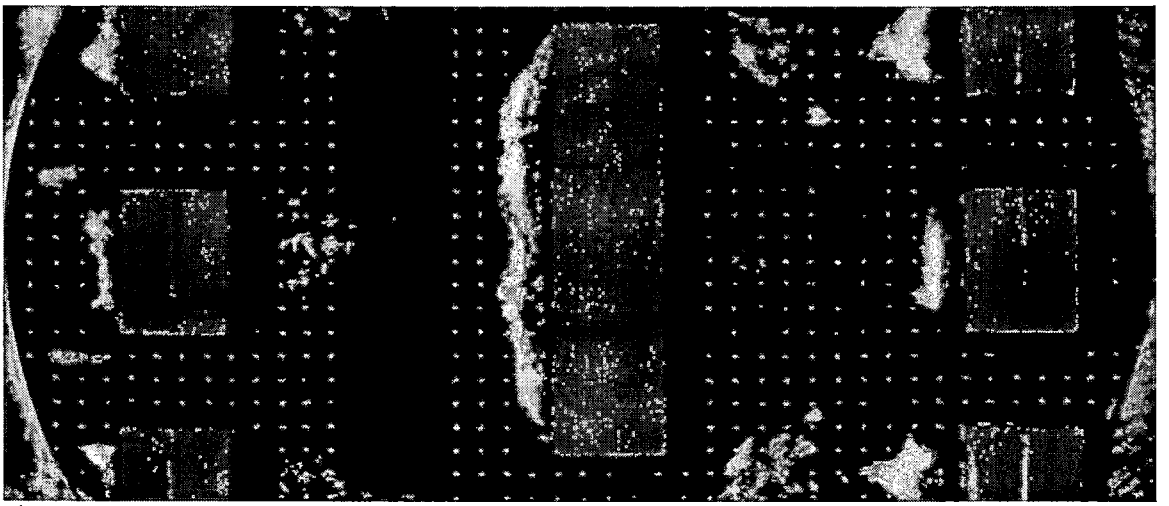


mosaïc

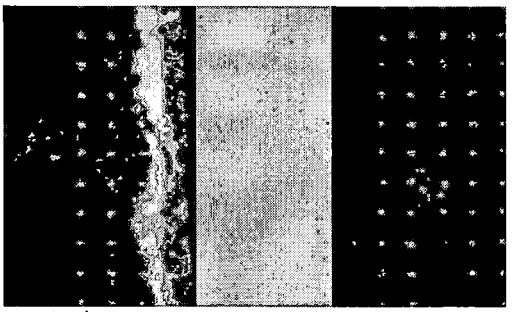
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10149*			*9512*			*9460*			*22920*			
1	0	9371			7277			7102			21439			
2	10	742	95	954	1206	54	540	1200	51	509	1387	94	937	
3	8	36	5	37	311	14	111	481	20	163	94	6	51	
4	6	0	0	0	330	15	89	594	25	151	0	0	0	
5	4	0	0	0	388	17	69	83	4	14	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				7,7			23,5			24,9			6,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**7,6**			**19,0**			**20,9**			**6,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				1,5			3,5			3,8			2,8	11,6
%Protection Av+Ar										6,1			4,5	**10,6**
%Protection R+S				4,0			11,4							**15,3**
Indice performance														***0,8***

Tableau des résultats

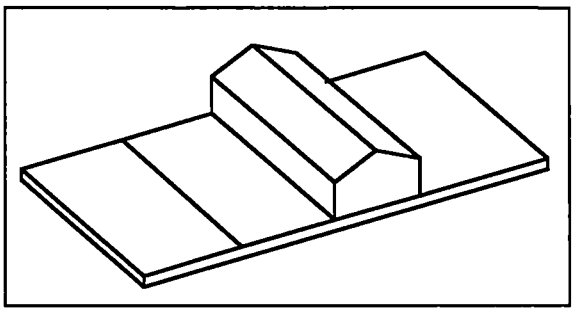
Fh2-1R

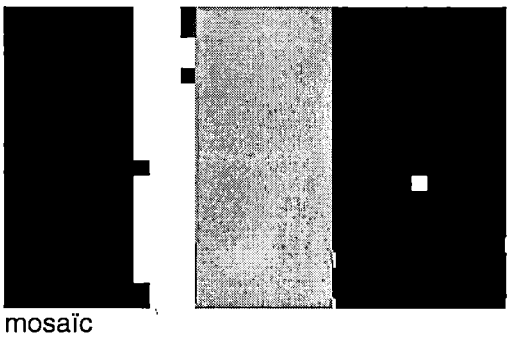


site



posterize



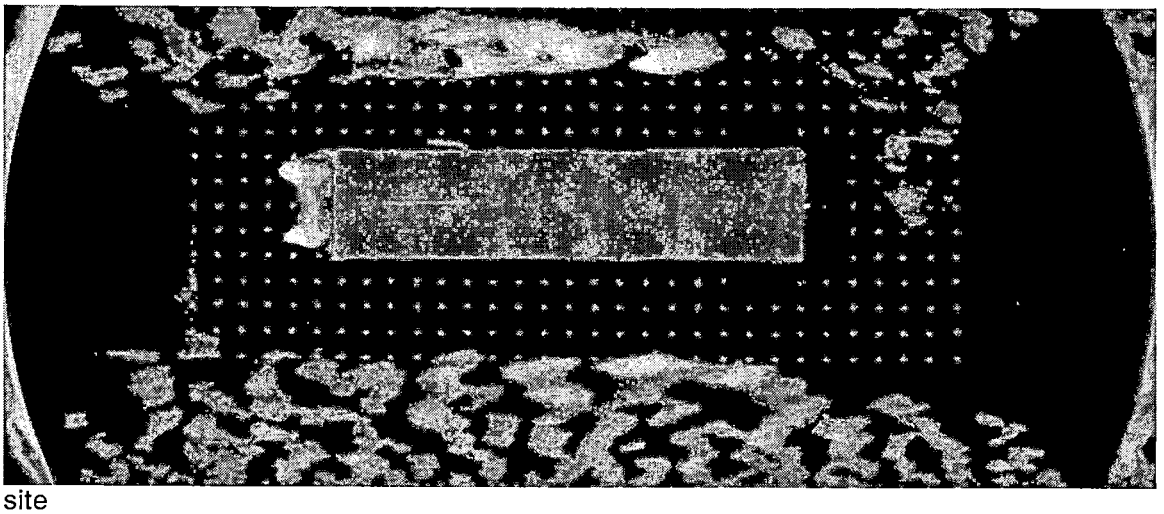


mosaïc

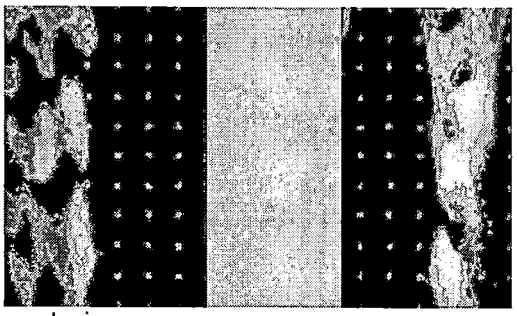
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*6684*			*13916*			*31148*			
1	0	13496			3311			6678			29289			
2	10	358	84	836	944	28	280	2160	30	298	1507	81	811	
3	8	66	15	123	822	24	195	2098	29	232	317	17	136	
4	6	4	1	6	534	16	95	1702	24	141	35	2	11	
5	4	0	0	0	1073	32	127	1201	17	66	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	77	1	2	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			0,7			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				3,1			50,5			52,0			6,0	
Az pond./Ipa (Azp)				**3,0**			**35,2**			**38,5**			**5,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,6			3,6			8,2			2,7	15,1
%Protection Av+Ar										11,9			4,0	**15,8**
%Protection R+S				2,1			16,4							**18,4**
Indice performance														***5,1***

Tableau des résultats

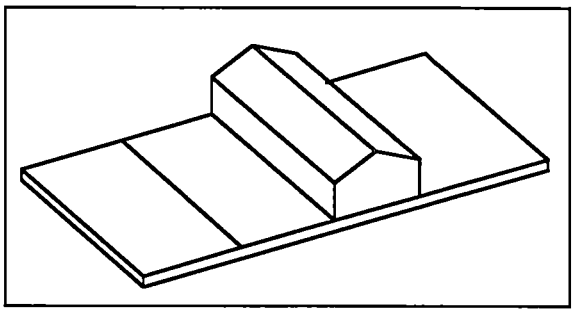
Lh2-1R

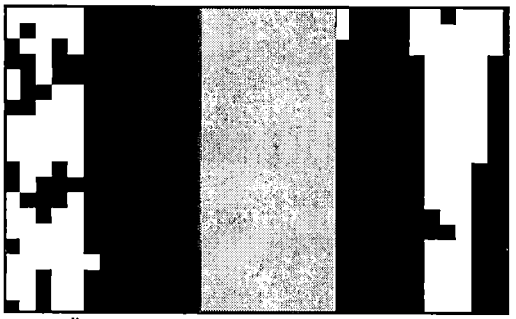


site



posterize



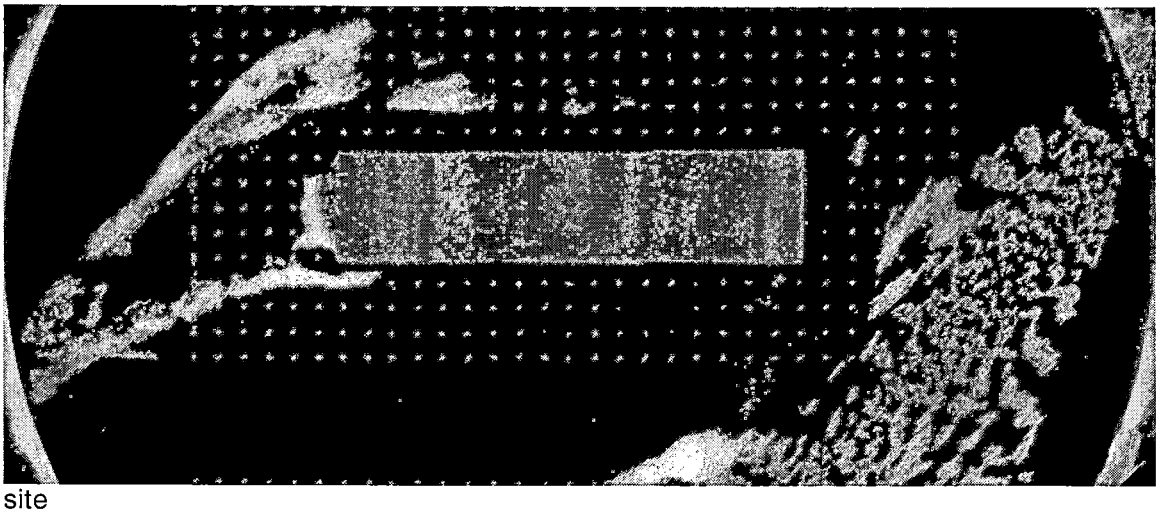


mosaïc

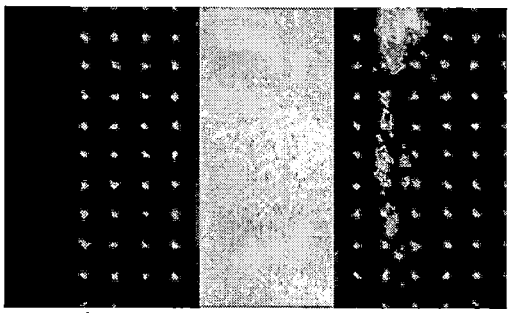
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14632*			*7529*			*14132*			*30781*			
1	0	5205			6933			12888			19530			
2	10	1925	20	204	274	46	460	623	50	501	1876	17	167	
3	8	4313	46	366	196	33	263	276	22	177	2276	20	162	
4	6	2822	30	180	126	21	127	287	23	138	4077	36	217	
5	4	367	4	16	0	0	0	58	5	19	3022	27	107	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			0,8			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				64,4			7,9			8,8			36,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**49,3**			**6,7**			**7,4**			**23,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				10,8			0,8			1,5			11,0	24,0
%Protection Av+Ar										2,3			16,4	**18,7**
%Protection R+S				42,5			2,7							**45,2**
Indice performance														***-2,4***

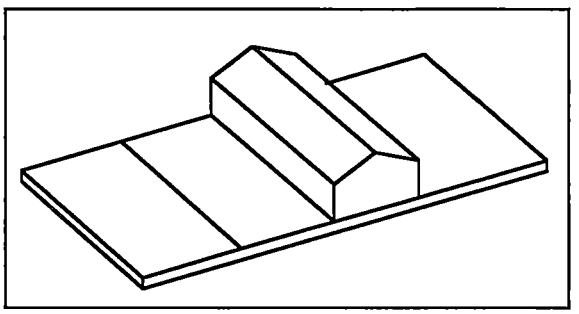
Tableau des résultats

Dh3-1R

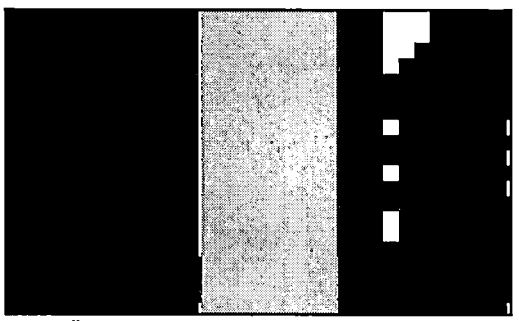


site





posterize

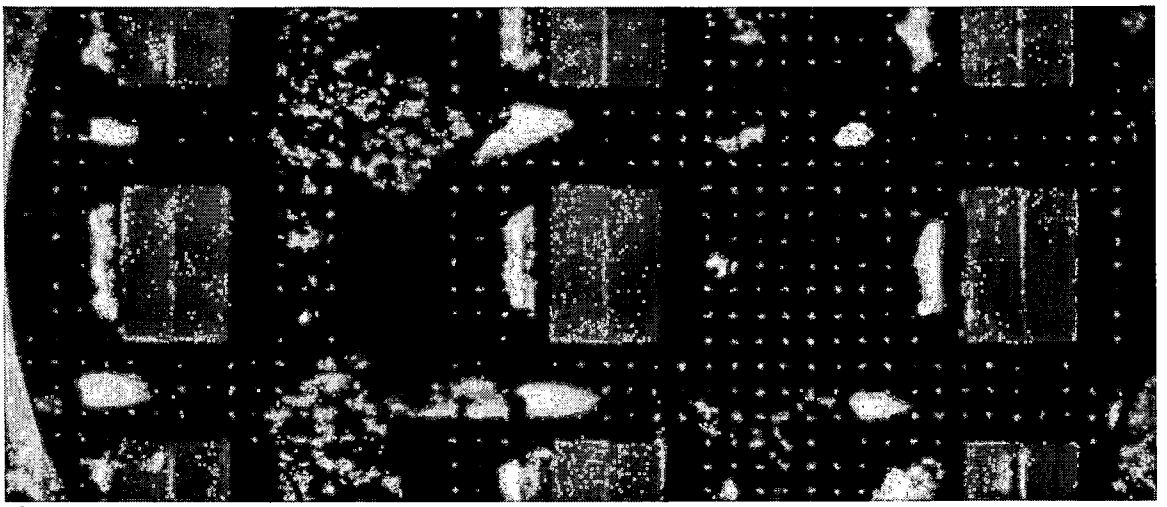


mosaïc

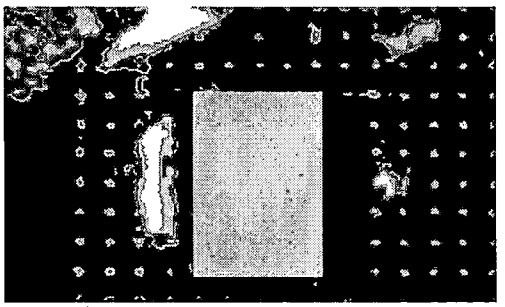
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14160*			*7302*			*13196*			*31384*			
1	0	13986			7012			12680			27884			
2	10	132	76	759	223	77	769	463	90	897	1958	56	559	
3	8	42	24	193	67	23	185	53	10	82	794	23	181	
4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	648	19	111	
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	3	11	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,2			4,0			3,9			11,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,2**			**3,8**			**3,8**			**9,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			0,4			0,8			4,6	6,0
%Protection Av+Ar										1,1			6,8	**7,9**
%Protection R+S				0,8			1,4							**2,2**
Indice performance														***4,6***

Tableau des résultats

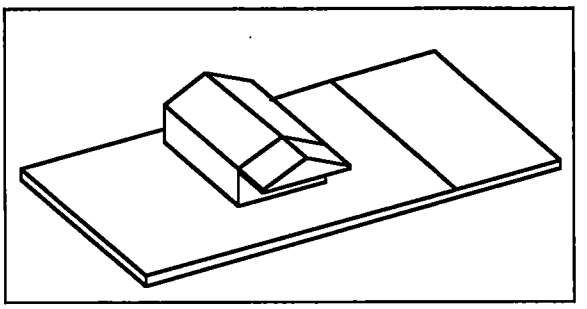
Fh2-1V

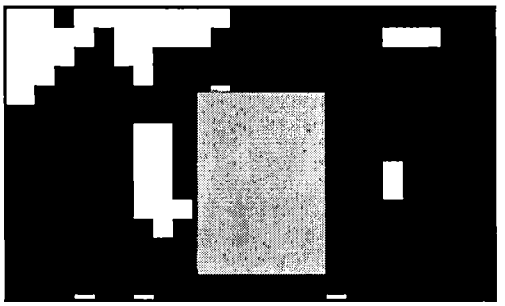


site



posterize



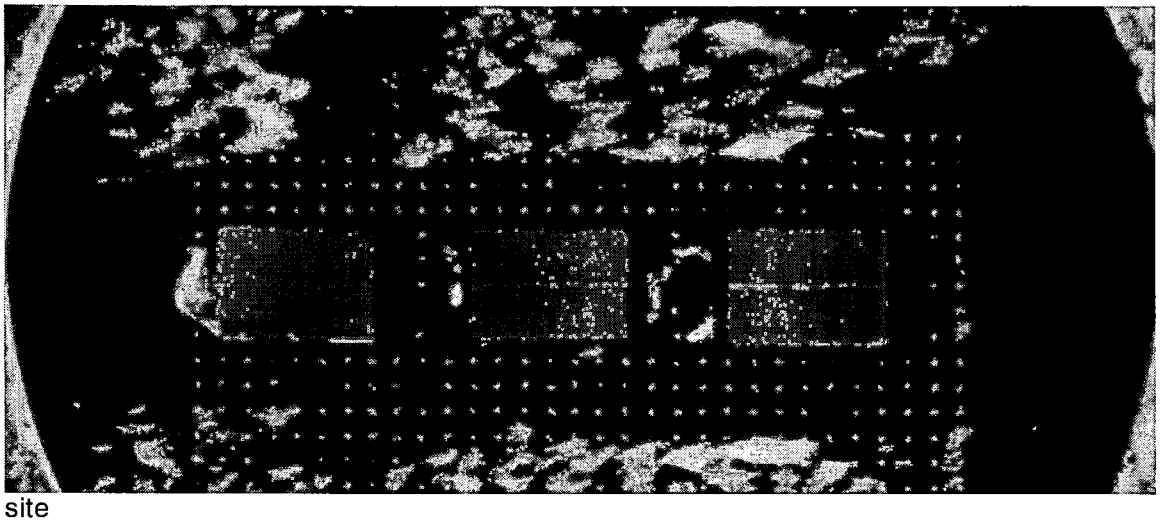


mosaïc

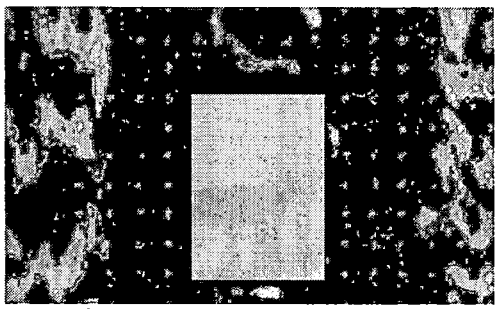
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10099*			*8970*			*10181*			*22842*			
1	0	7795			6161			7460			20718			
2	10	0	0	0	1222	44	435	1282	47	471	1690	80	796	
3	8	1866	81	648	656	23	187	766	28	225	371	17	140	
4	6	0	0	0	931	33	199	673	25	148	63	3	18	
5	4	438	19	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,7			0,8			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				22,8			31,3			26,7			9,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**16,5**			**25,7**			**22,6**			**8,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,2			4,4			4,4			3,9	15,9
%Protection Av+Ar										7,0			6,1	**13,1**
%Protection R+S				12,1			14,7							**26,8**
Indice performance														***-1,5***

Tableau des résultats

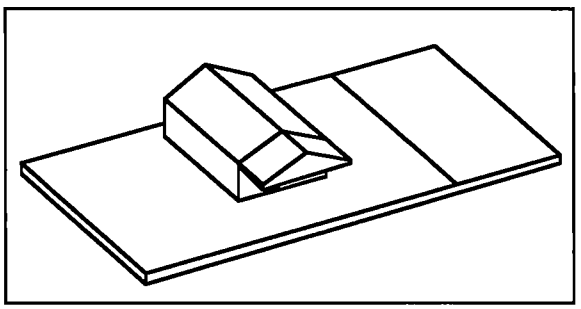
Lh1 -1V

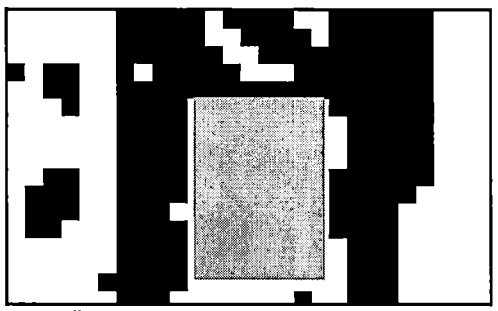


site



posterize



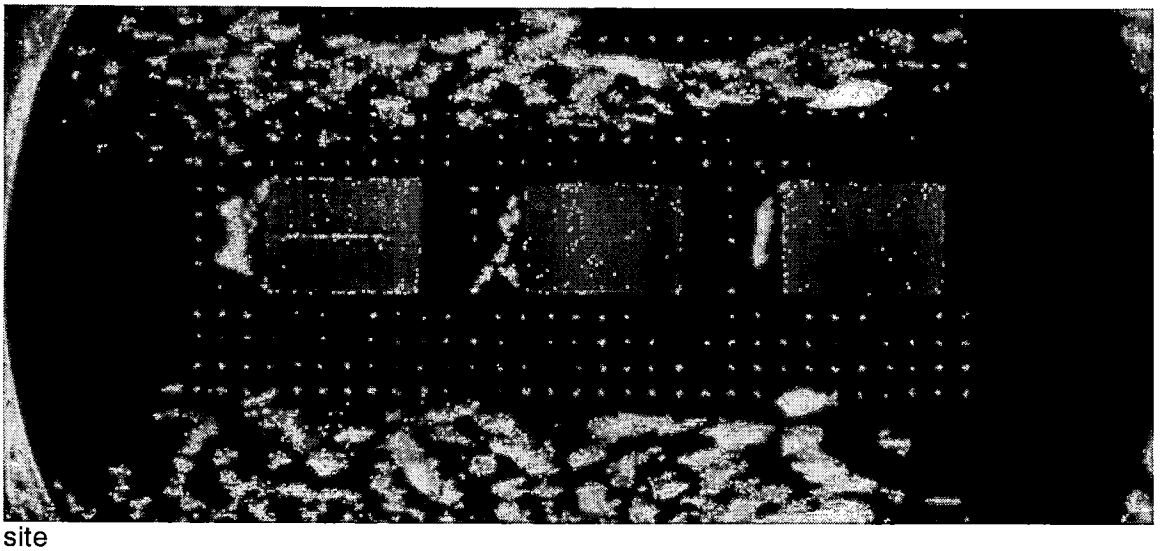


mosaïc

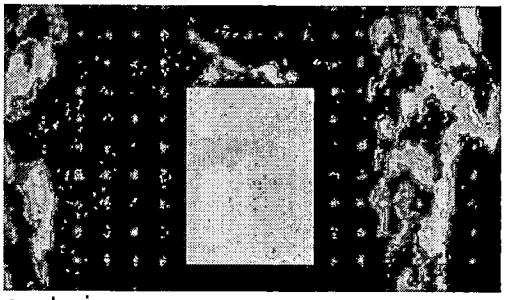
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*12200*			*8116*			*7892*			*22084*			
1	0	4643			6744			7103			13561			
2	10	2725	36	361	843	61	614	726	92	920	3717	44	436	
3	8	4222	56	447	409	30	238	62	8	63	3402	40	319	
4	6	610	8	48	116	8	51	1	0	1	1392	16	98	
5	4	0	0	0	4	0	1	0	0	0	12	0	1	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				61,9			16,9			10,0			38,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**53,0**			**15,3**			**9,8**			**33,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				12,9			2,5			1,5			14,5	31,3
%Protection Av+Ar										2,6			24,3	**26,9**
%Protection R+S				37,2			6,8							**44,0**
Indice performance														***-1,7***

Tableau des résultats

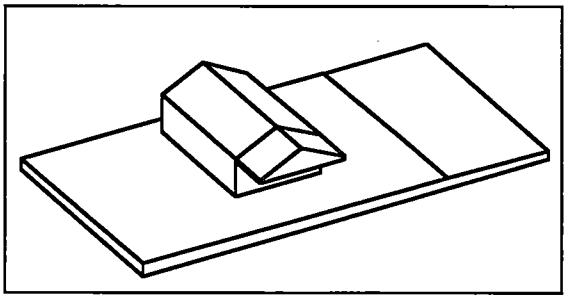
Lh2 -1V

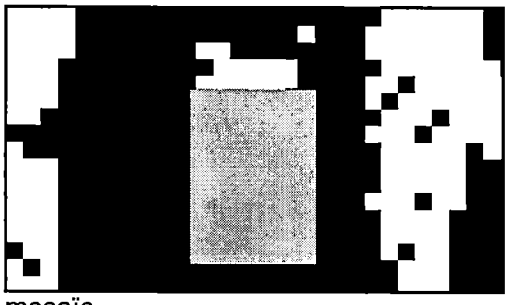


site



posterize



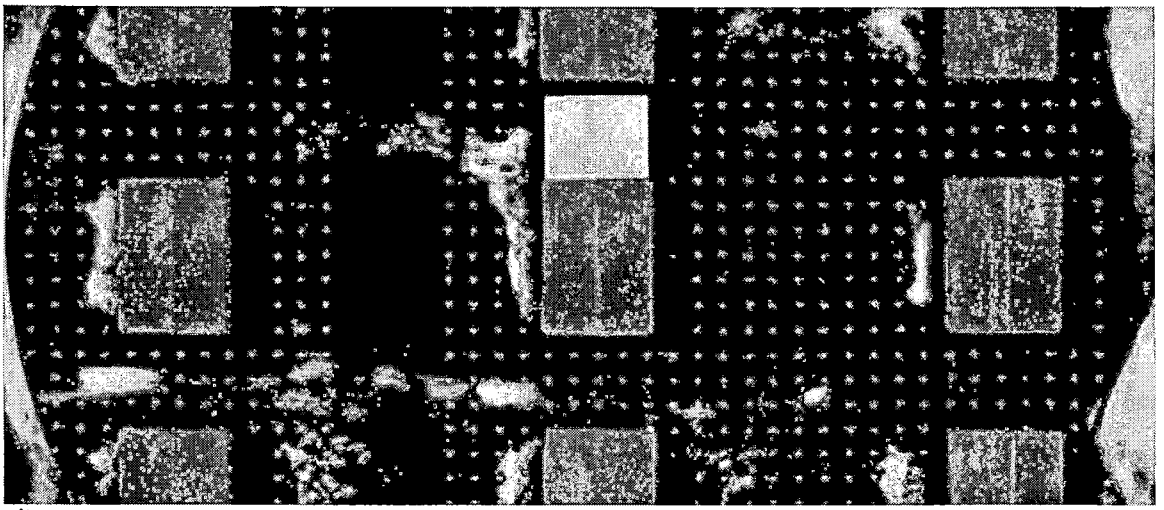


mosaïc

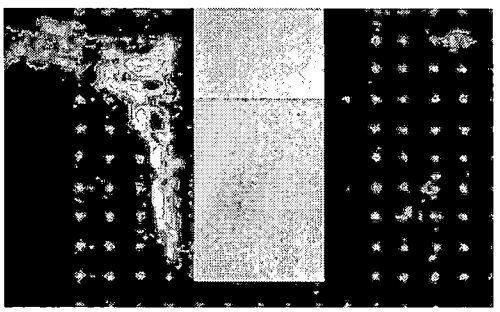
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10908*			*9124*			*10364*			*26458*			
1	0	4421			6984			9827			12920			
2	10	2891	45	446	1372	64	641	515	96	959	5348	40	395	
3	8	3199	49	395	675	32	252	22	4	33	6695	49	396	
4	6	397	6	37	93	4	26	0	0	0	1495	11	66	
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				59,5			23,5			5,2			51,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**52,1**			**21,6**			**5,1**			**43,8**	
Azp/surf. lot (Azpl)				10,0			3,5			0,9			20,4	34,8
%Protection Av+Ar										1,4			31,5	**33,0**
%Protection R+S				32,4			10,7							**43,1**
Indice performance														***6,2***

Tableau des résultats

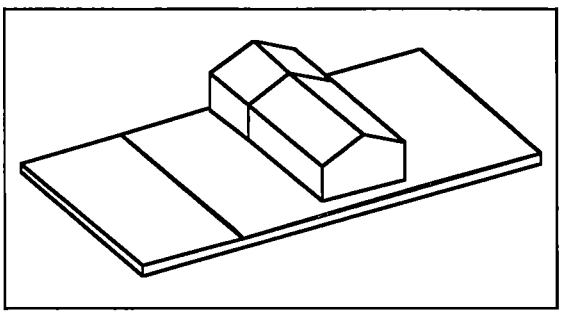
Fh2-1Xa

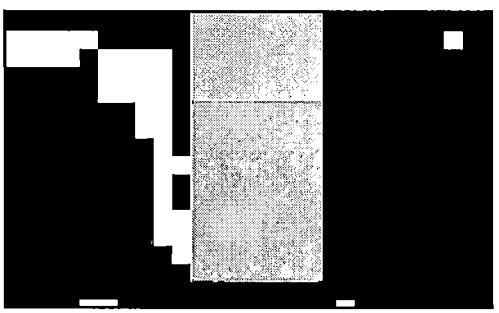


site



posterize



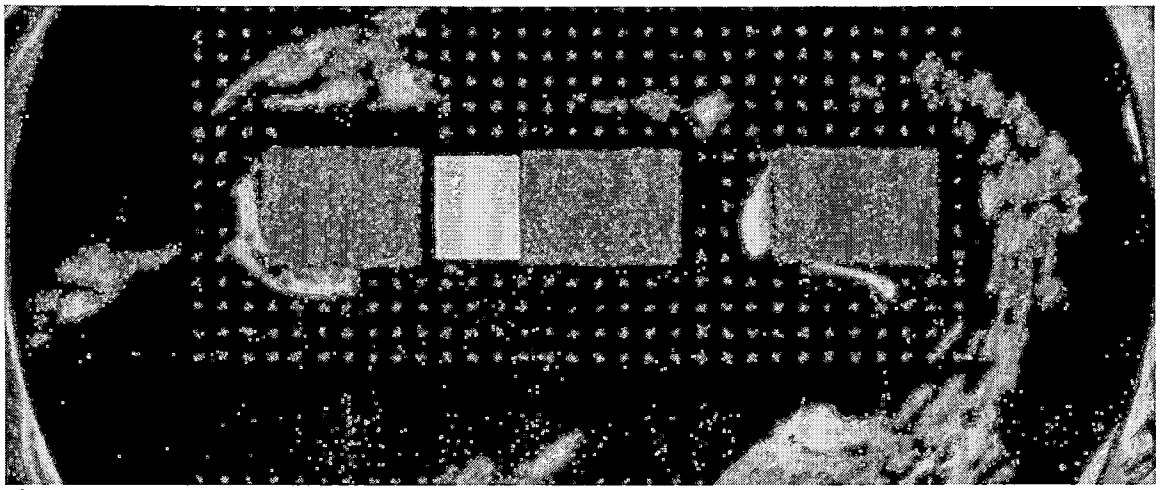


mosaïc

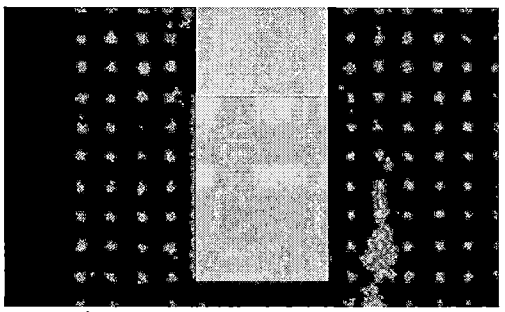
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9604*			*4365*			*10030*			*22026*			
1	0	8111			2148			6978			20342			
2	10	807	54	541	657	30	296	1215	40	398	1216	72	722	
3	8	488	33	261	409	18	148	669	22	175	420	25	200	
4	6	185	12	74	557	25	151	606	20	119	48	3	17	
5	4	13	1	3	513	23	93	397	13	52	0	0	0	
6	2	0	0	0	81	4	7	165	5	11	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,7			0,8			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				15,5			50,8			30,4			7,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**13,7**			**35,3**			**23,0**			**7,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				2,9			3,3			5,0			3,4	14,6
%Protection Av+Ar										7,2			4,9	**12,1**
%Protection R+S				10,7			15,9							**26,6**
Indice performance														***0,4***

Tableau des résultats

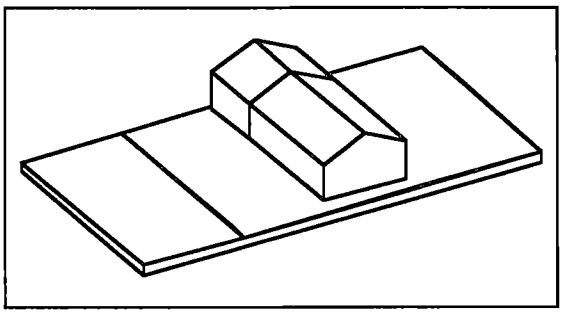
Dh3-1Xa

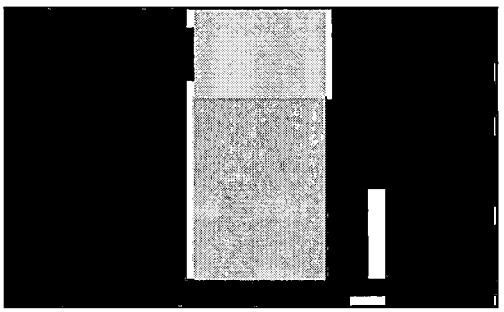


site



posterize



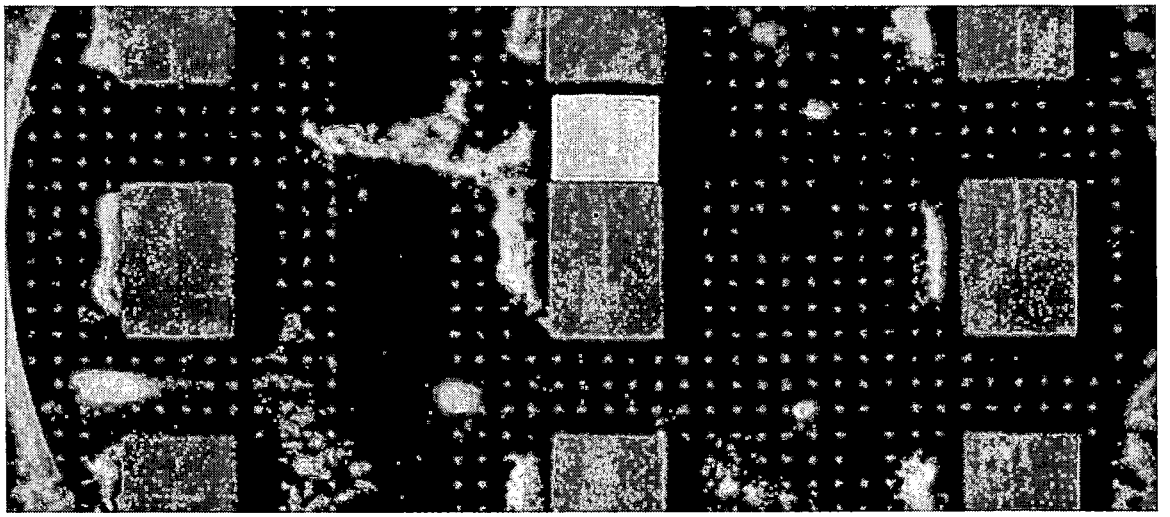


mosaïc

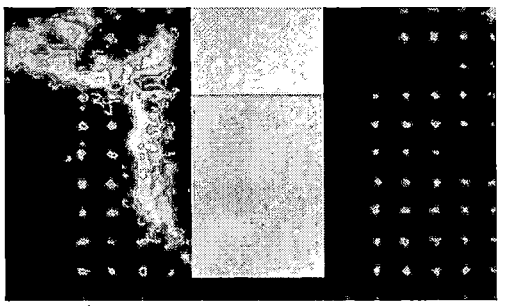
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9702*			*4483*			*10164*			*22250*			
1	0	9530			4026			9470			20014			
2	10	147	85	855	366	80	801	659	95	950	1640	73	733	
3	8	25	15	116	28	6	49	35	5	40	486	22	174	
4	6	0	0	0	4	1	5	0	0	0	101	5	27	
5	4	0	0	0	59	13	52	0	0	0	9	0	2	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,8			10,2			6,8			10,0	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,7**			**9,2**			**6,8**			**9,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			0,9			1,5			4,5	7,2
%Protection Av+Ar										2,1			6,5	**8,6**
%Protection R+S				1,2			3,2							**4,4**
Indice performance														***4,6***

Tableau des résultats

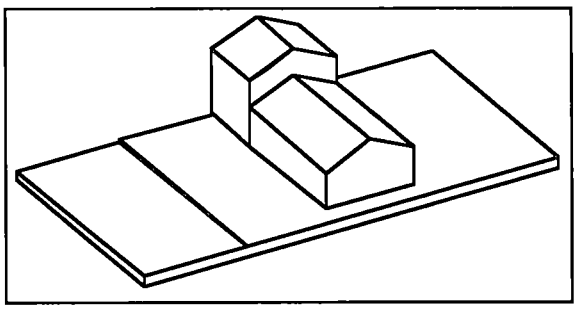
Fh2-2Xa

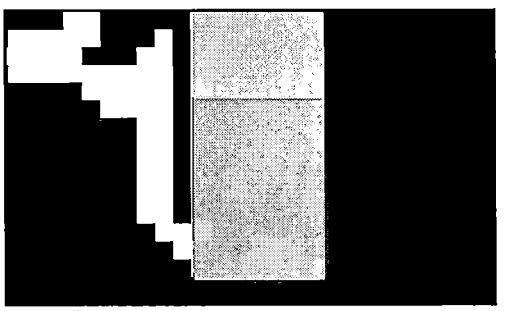


site



posterize



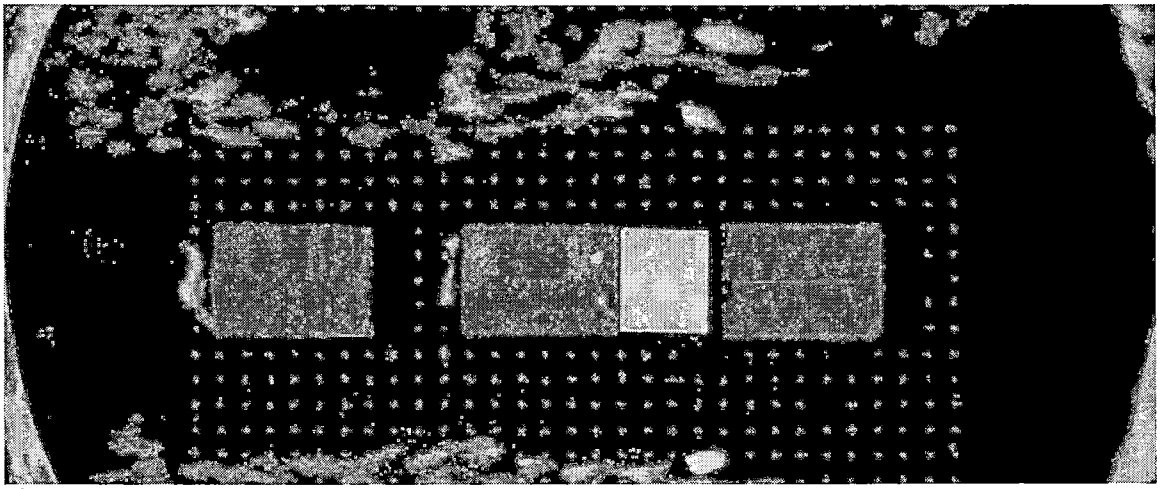


mosaïc

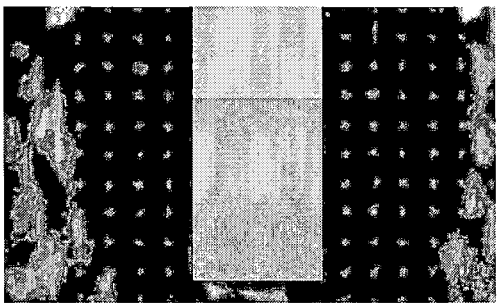
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9698*			*4306*			*9886*			*22863*			
1	0	7572			2047			6552			21991			
2	10	439	21	206	522	23	231	1056	32	317	755	87	866	
3	8	486	23	183	471	21	167	662	20	159	86	10	79	
4	6	885	42	250	837	37	222	834	25	150	12	1	8	
5	4	316	15	59	421	19	75	764	23	92	19	2	9	
6	2	0	0	0	8	0	1	18	1	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,7			0,7			0,7			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				21,9			52,5			33,7			3,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**15,3**			**36,5**			**24,2**			**3,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,2			3,4			5,1			1,8	13,5
%Protection Av+Ar										7,3			2,6	**9,9**
%Protection R+S				15,2			16,1							**31,3**
Indice performance														***-2,5***

Tableau des résultats

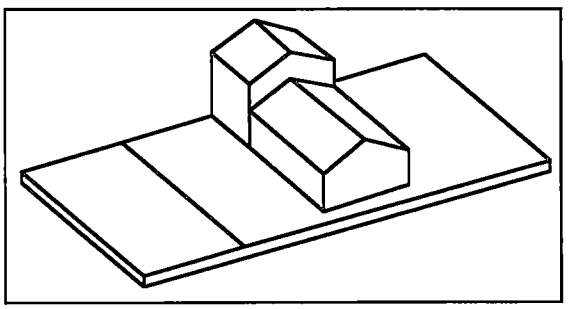
Lh1-2Xa

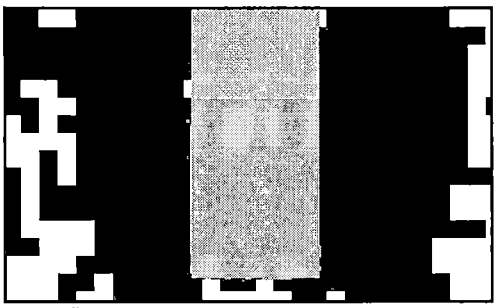


site



posterize



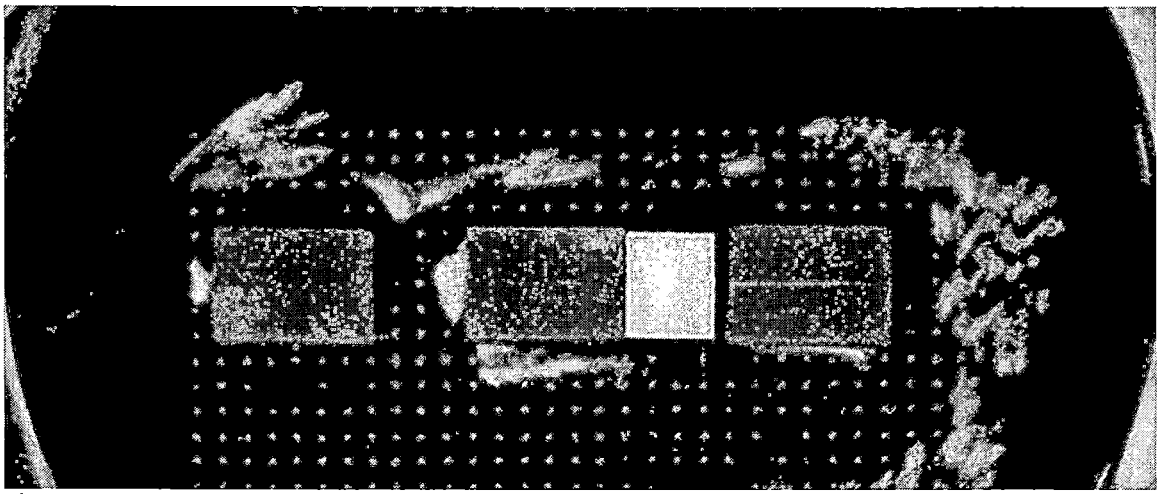


mosaïc

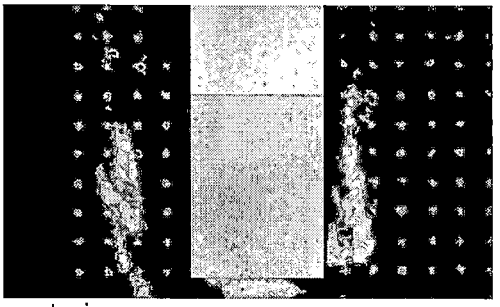
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9870*			*4832*			*10740*			*22651*			
1	0	4808			4517			9459			18280			
2	10	1877	37	371	260	83	825	761	59	594	1860	43	426	
3	8	1964	39	310	45	14	114	358	28	224	1458	33	267	
4	6	1067	21	126	4	1	8	154	12	72	880	20	121	
5	4	98	2	8	6	2	8	8	1	2	114	3	10	
6	2	56	1	2	0	0	0	0	0	0	59	1	3	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			1,0			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				51,3			6,5			11,9			19,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**41,9**			**6,2**			**10,6**			**15,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				8,6			0,6			2,4			7,5	19,1
%Protection Av+Ar										3,4			10,8	**14,2**
%Protection R+S				34,4			2,1							**36,6**
Indice performance														***-1,3***

Tableau des résultats

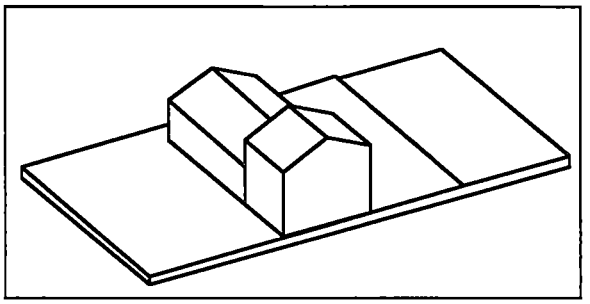
Dh1-2Xa

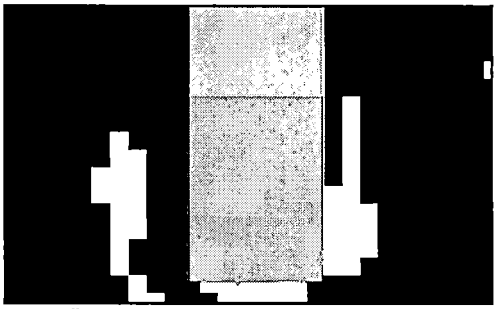


site



posterize



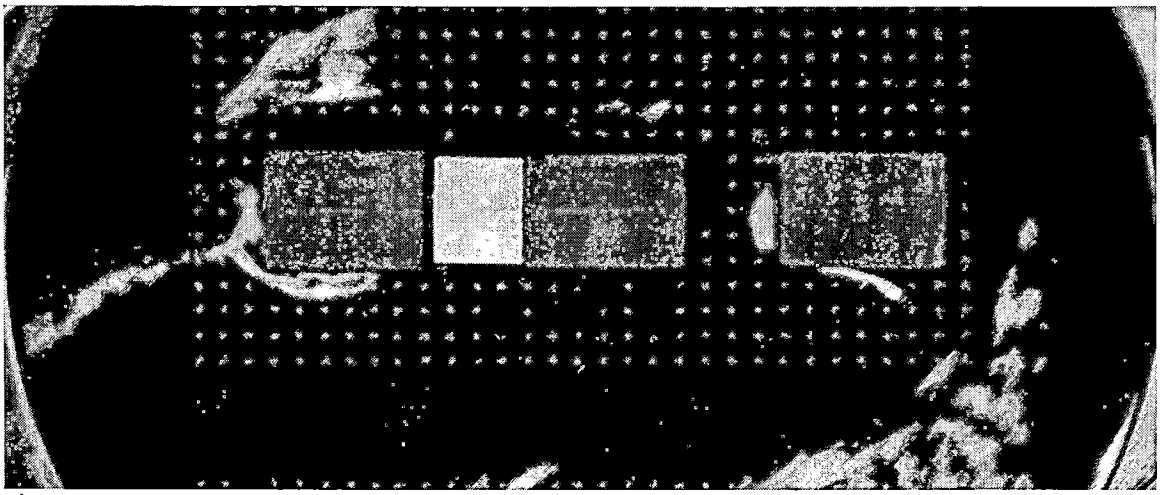


mosaïc

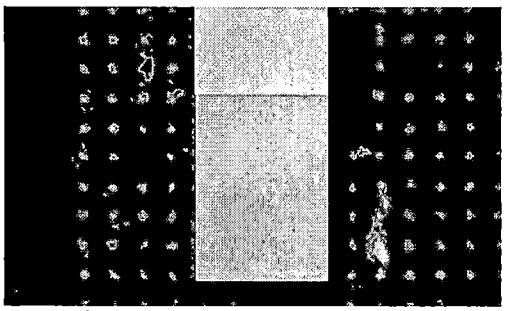
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10296*			*4937*			*11153*			*22257*			
1	0	10124			4568			8575			18689			
2	10	133	77	773	320	87	867	957	37	371	1547	43	434	
3	8	39	23	181	46	12	100	830	32	258	762	21	171	
4	6	0	0	0	3	1	5	680	26	158	631	18	106	
5	4	0	0	0	0	0	0	108	4	17	564	16	63	
6	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	64	2	4	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,7			7,5			23,1			16,0	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,6**			**7,3**			**18,6**			**12,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			0,7			4,3			5,7	11,0
%Protection Av+Ar										6,2			8,3	**14,5**
%Protection R+S				1,1			2,4							**3,6**
Indice performance														***8,9***

Tableau des résultats

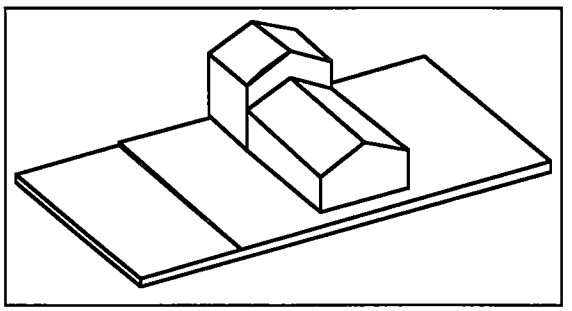
Dh3-2Xa

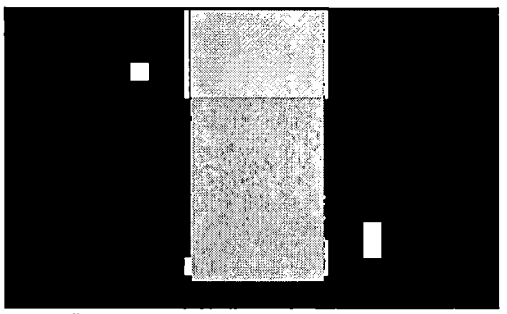


site



posterize



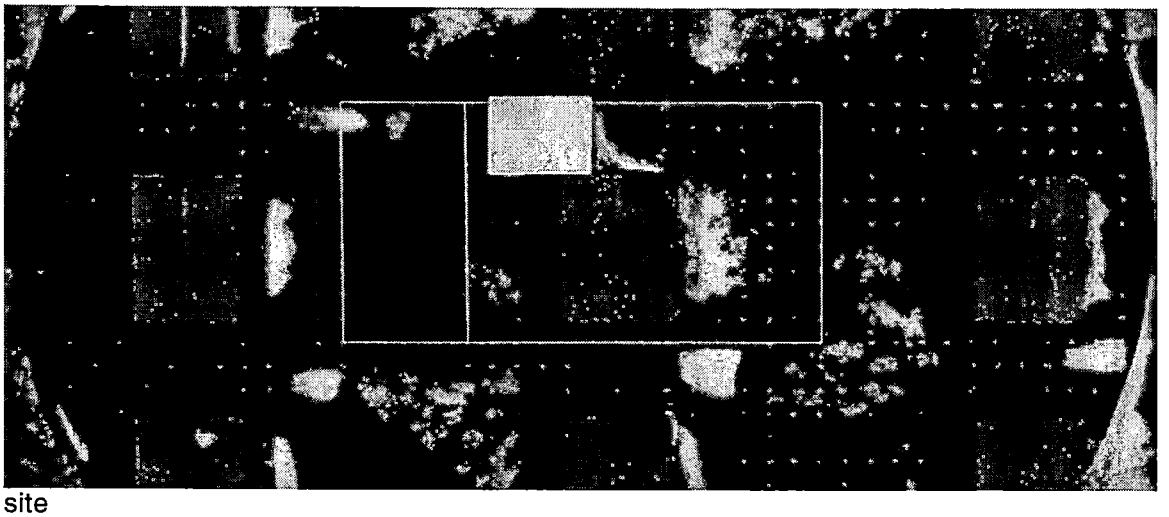


mosaïc

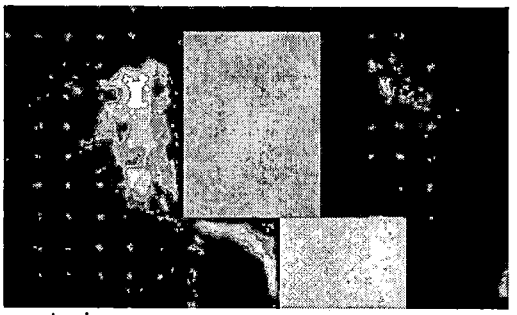
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10050*			*4556*			*10776*			*22596*			
1	0	9837			4019			9909			20593			
2	10	162	76	761	494	92	920	720	83	830	1526	76	762	
3	8	51	24	192	42	8	63	146	17	135	345	17	138	
4	6	0	0	0	1	0	1	1	0	1	79	4	24	
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	3	10	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,1			11,8			8,0			8,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**2,0**			**11,6**			**7,8**			**8,3**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			1,1			1,7			3,9	7,2
%Protection Av+Ar										2,5			5,6	**8,1**
%Protection R+S				1,5			3,7							**5,1**
Indice performance														***4,1***

Tableau des résultats

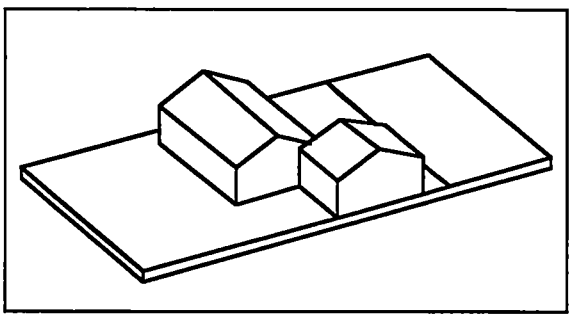
Fh1-1Xb

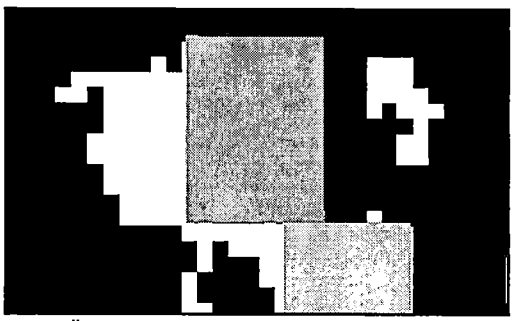


site



posterize



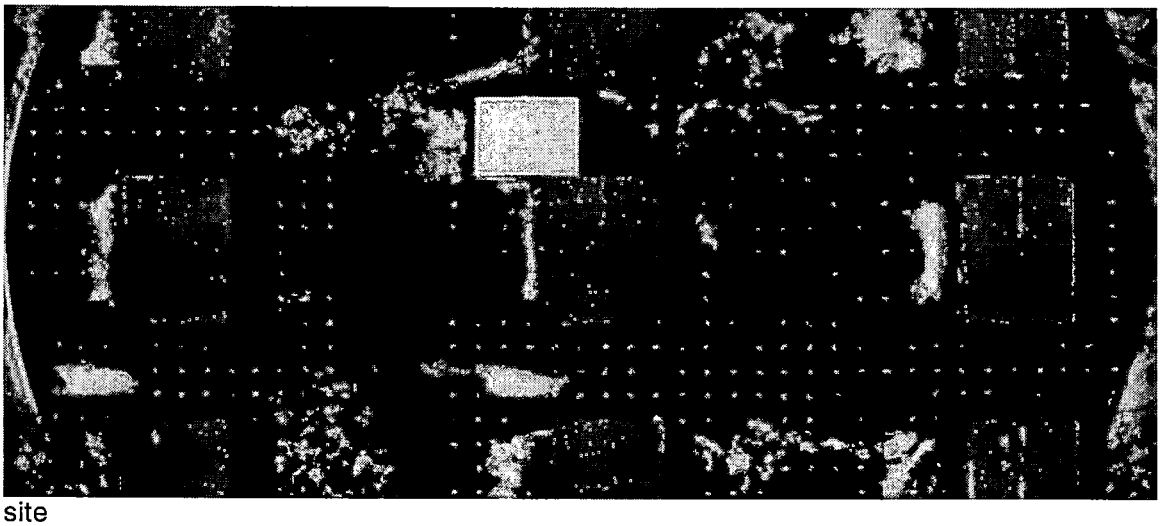


mosaïc

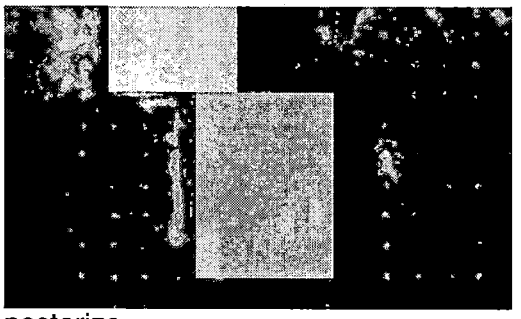
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14396*			*1585*			*14245*			*37151*			
1	0	13833			1580			11155			24245			
2	10	377	67	670	5	##	1000	2191	71	709	4471	35	346	
3	8	94	17	134	0	0	0	701	23	181	3194	25	198	
4	6	92	16	98	0	0	0	165	5	32	2910	23	135	
5	4	0	0	0	0	0	0	28	1	4	2023	16	63	
6	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	308	2	5	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			1,0			0,9			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				3,9			0,3			21,7			34,7	
Az pond./Ipa (Azp)				**3,5**			**0,3**			**20,1**			**26,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,8			0,0			4,2			14,3	19,3
%Protection Av+Ar										5,6			18,8	**24,3**
%Protection R+S				3,5			0,0							**3,6**
Indice performance														***17,7***

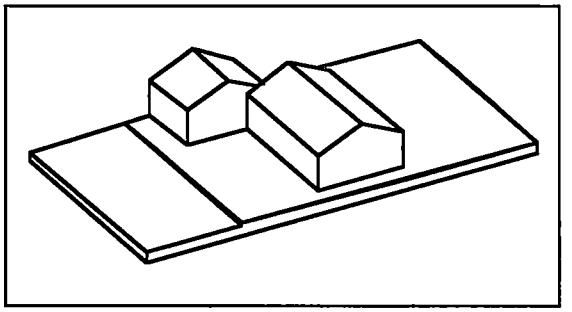
Tableau des résultats

Fh2-1Xb

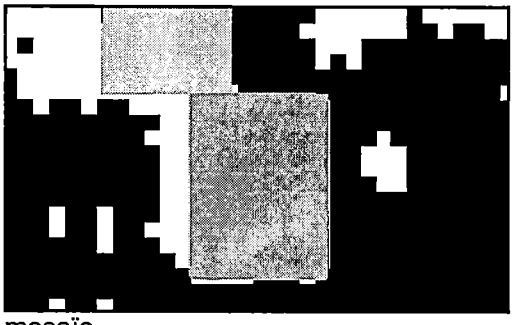


site





posterize

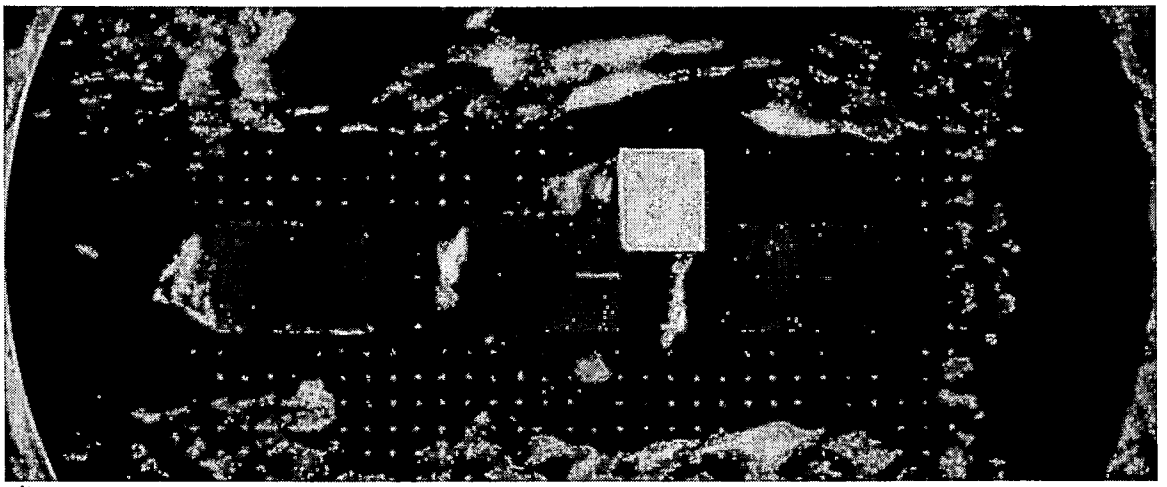


mosaïc

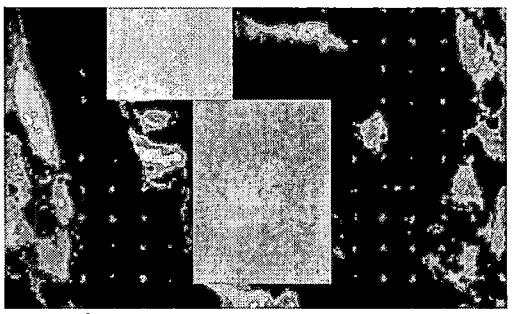
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14396*			*1360*			*14557*			*37696*			
1	0	9947			418			9111			31200			
2	10	1982	45	445	187	20	199	2608	48	479	4585	71	706	
3	8	1072	24	193	229	24	194	1800	33	264	1403	22	173	
4	6	893	20	120	406	43	259	881	16	97	464	7	43	
5	4	492	11	44	120	13	51	157	3	12	44	1	3	
6	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,7			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				30,9			69,3			37,4			17,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**24,8**			**48,7**			**31,9**			**15,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				5,3			1,0			6,8			8,8	21,9
%Protection Av+Ar										8,9			11,5	**20,4**
%Protection R+S				28,2			6,0							**34,2**
Indice performance														***7,7***

Tableau des résultats

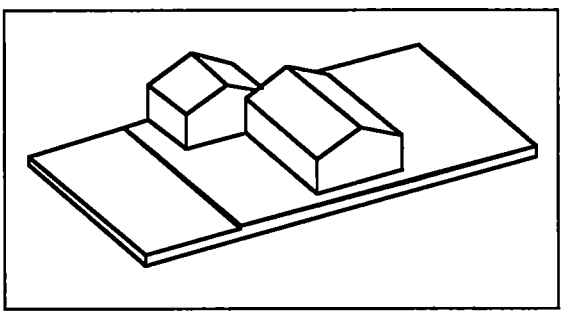
Lh1-1Xb

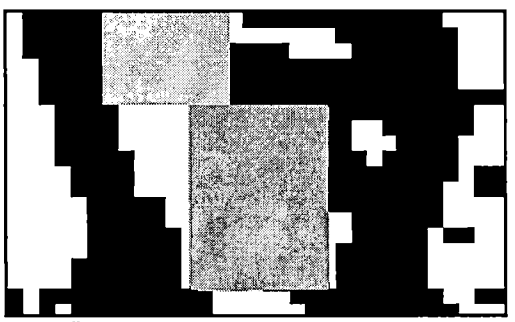


site



posterize



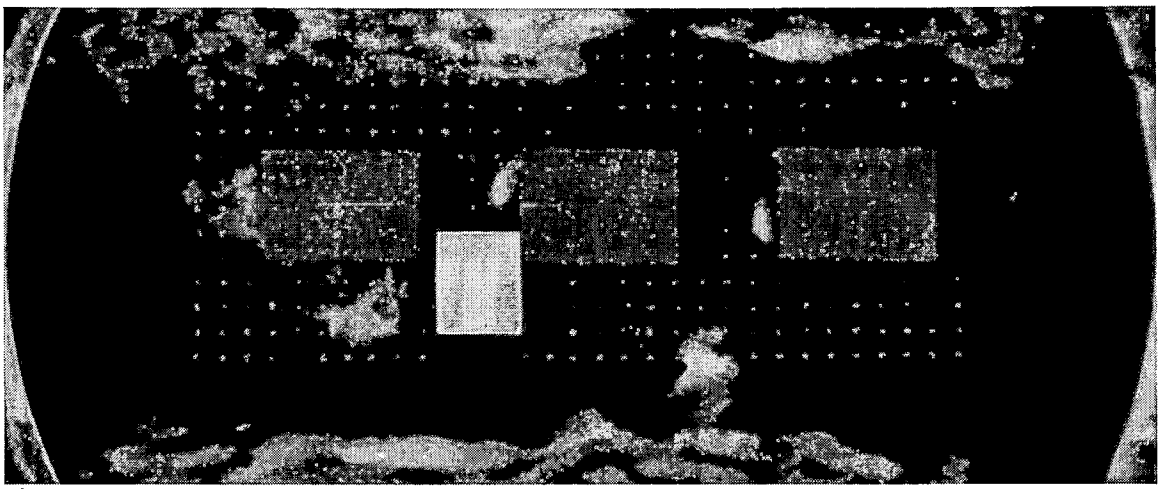


mosaïc

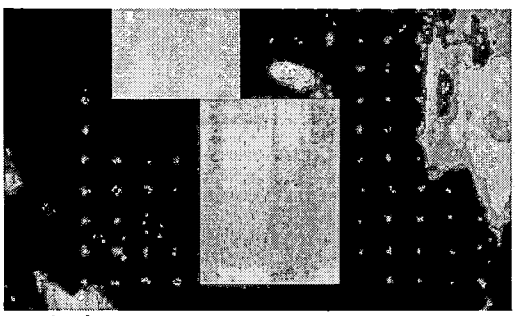
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13409*			*1446*			*13608*			*37339*			
1	0	4805			1352			9138			24164			
2	10	1545	18	180	94	##	1000	1759	39	394	4263	32	324	
3	8	2838	33	264	0	0	0	1414	32	253	4074	31	247	
4	6	2987	35	208	0	0	0	958	21	129	4472	34	204	
5	4	1234	14	57	0	0	0	339	8	30	361	3	11	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,7			1,0			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				64,2			6,5			32,8			35,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**45,5**			**6,5**			**26,5**			**27,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				9,3			0,1			5,5			15,7	30,6
%Protection Av+Ar										7,1			20,3	**27,4**
%Protection R+S				57,9			0,6							**58,6**
Indice performance														***8,0***

Tableau des résultats

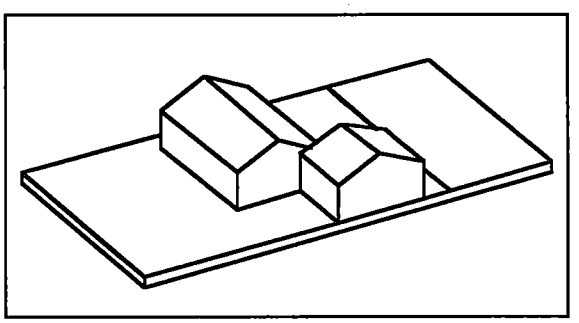
Lh2-1Xb

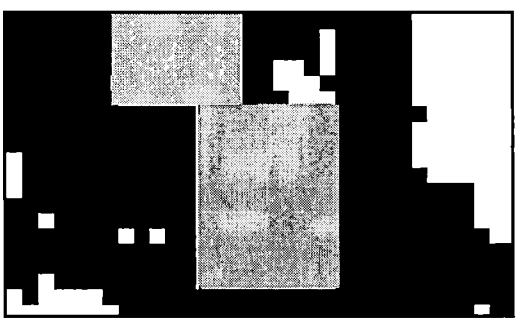


site



posterize



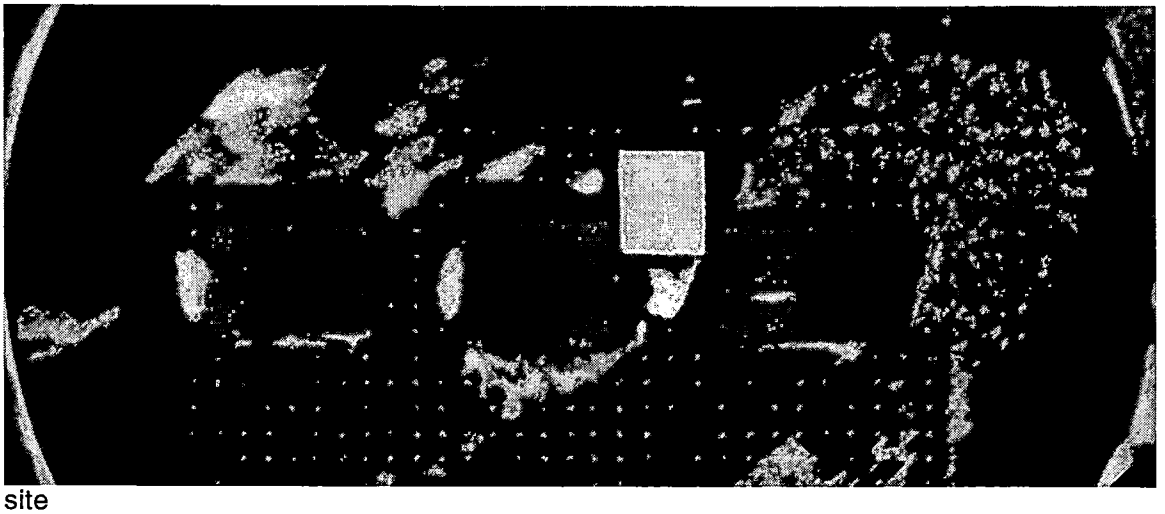


mosaïc

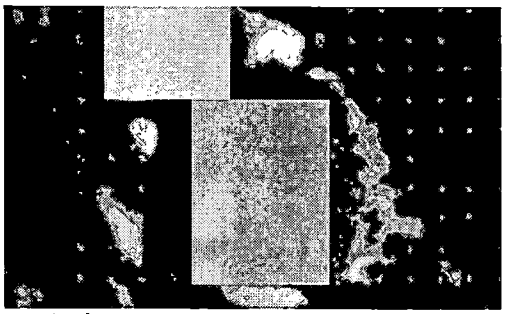
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14868*			*1504*			*14503*			*36769*			
1	0	12736			1473			12916			23361			
2	10	904	42	424	31	##	1000	1086	68	684	2754	21	205	
3	8	608	29	228	0	0	0	219	14	110	2499	19	149	
4	6	314	15	88	0	0	0	142	9	54	4276	32	191	
5	4	292	14	55	0	0	0	135	9	34	3825	29	114	
6	2	14	1	1	0	0	0	5	0	1	54	0	1	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			1,0			0,9			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				14,3			2,1			10,9			36,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**11,4**			**2,1**			**9,7**			**24,1**	
Azp/surf. lot (Azpl)				2,5			0,0			2,1			13,1	17,7
%Protection Av+Ar										2,7			17,3	**20,0**
%Protection R+S				13,0			0,2							**13,2**
Indice performance														***12,0***

Tableau des résultats

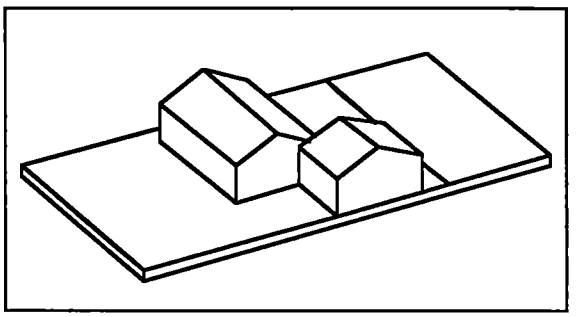
Dh1-1Xb

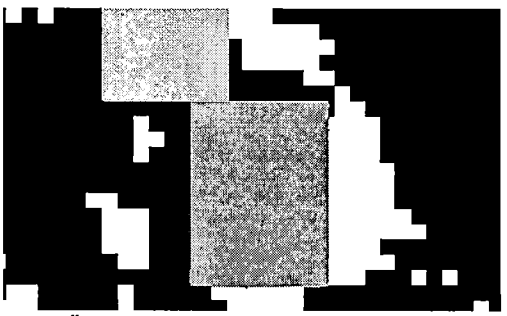


site



posterize



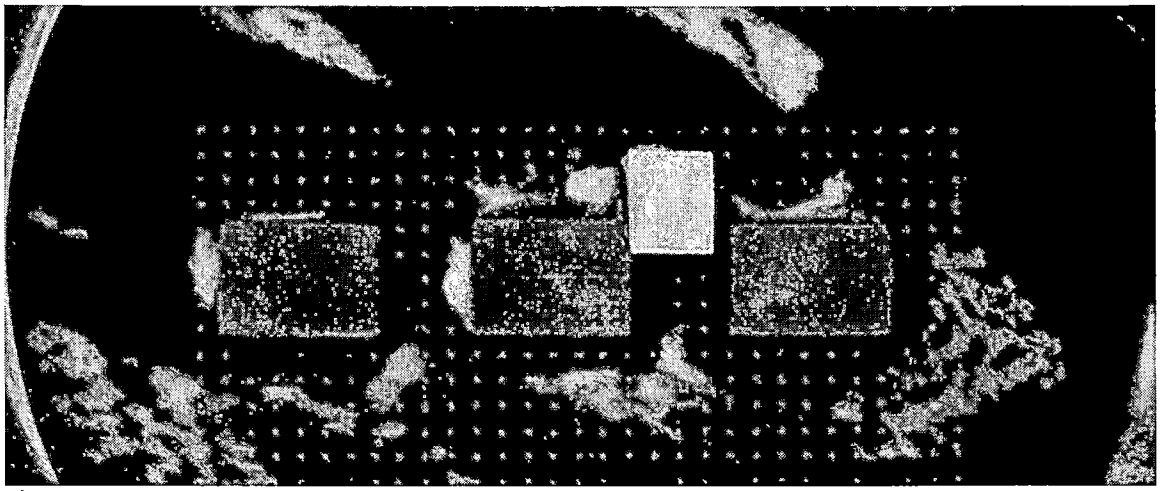


mosaïc

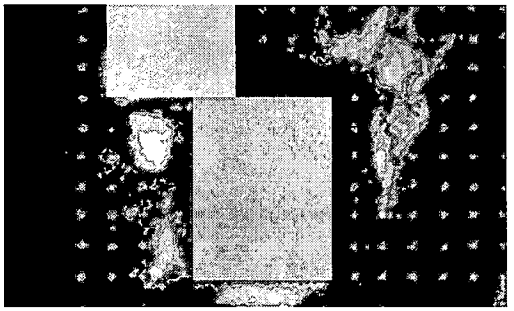
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14160*			*1383*			*13694*			*36912*			
1	0	12843			1325			10265			25027			
2	10	814	62	618	58	##	1000	1239	36	361	4377	37	368	
3	8	393	30	239	0	0	0	637	19	149	3000	25	202	
4	6	110	8	50	0	0	0	730	21	128	2762	23	139	
5	4	0	0	0	0	0	0	636	19	74	1047	9	35	
6	2	0	0	0	0	0	0	187	5	11	699	6	12	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			1,0			0,7			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				9,3			4,2			25,0			32,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**8,4**			**4,2**			**18,1**			**24,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				1,8			0,1			3,7			13,6	19,2
%Protection Av+Ar										4,9			17,8	**22,7**
%Protection R+S				8,5			0,4							**8,8**
Indice performance														***15,3***

Tableau des résultats

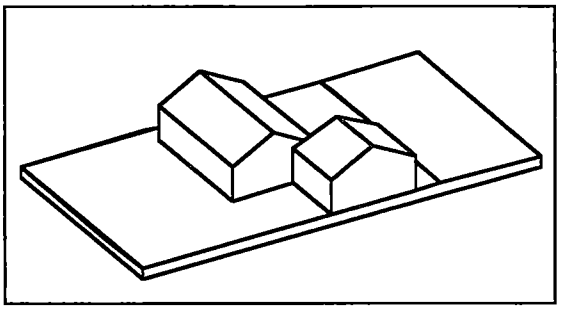
Dh2-1Xb

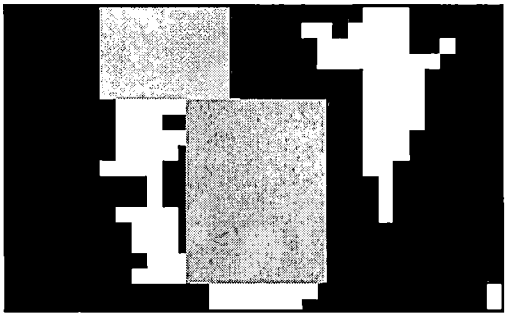


site



posterize



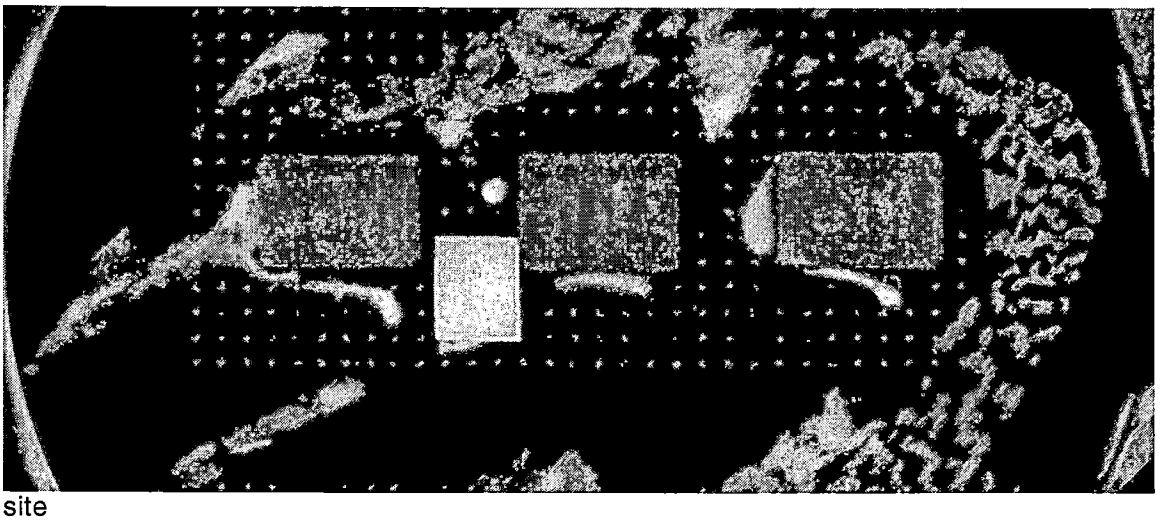


mosaïc

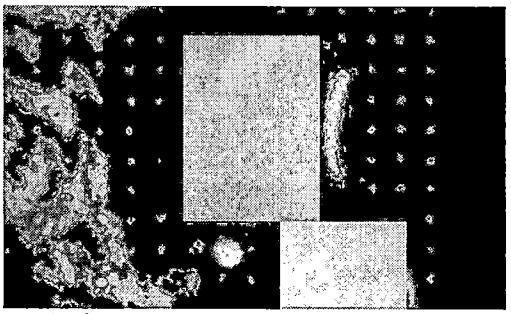
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*1440*			*13608*			*37136*			
1	0	13514			1169			8371			27942			
2	10	148	85	851	145	54	535	2301	44	439	3374	37	367	
3	8	26	15	120	54	20	159	910	17	139	2668	29	232	
4	6	0	0	0	56	21	124	663	13	76	2425	26	158	
5	4	0	0	0	16	6	24	935	18	71	725	8	32	
6	2	0	0	0	0	0	0	428	8	16	2	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,7			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,3			18,8			38,5			24,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,2**			**15,8**			**28,6**			**19,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			0,3			5,9			11,0	17,5
%Protection Av+Ar										7,7			14,3	**22,0**
%Protection R+S				1,2			1,8							**2,9**
Indice performance														***16,2***

Tableau des résultats

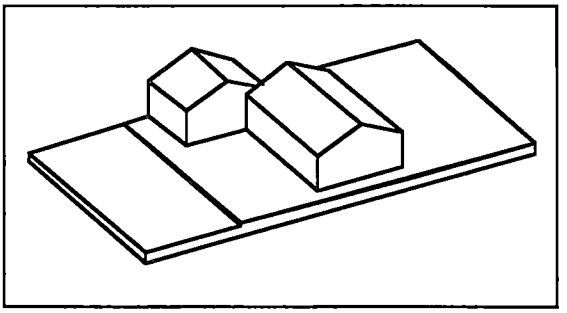
Dh3-1Xb

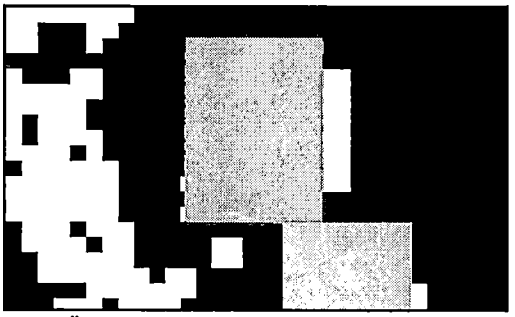


site



posterize



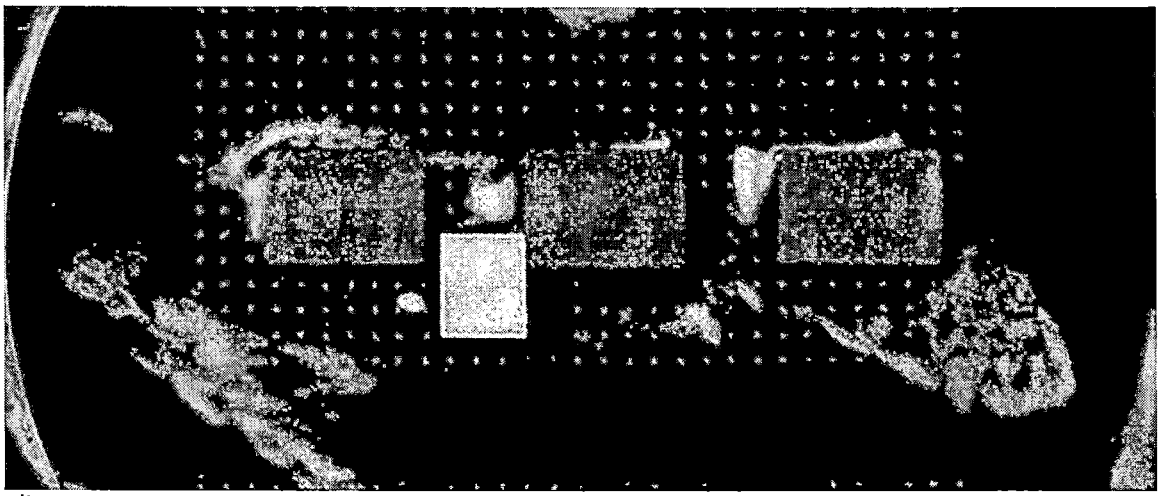


mosaïc

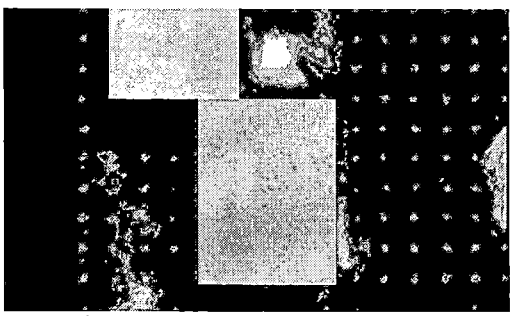
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14868*			*1293*			*14358*			*36449*			
1	0	14644			1021			11933			20571			
2	10	189	84	844	101	37	371	1209	50	499	4514	28	284	
3	8	35	16	125	46	17	135	417	17	138	7092	45	357	
4	6	0	0	0	83	31	183	400	16	99	3963	25	150	
5	4	0	0	0	42	15	62	399	16	66	172	1	4	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	1	2	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,5			21,0			16,9			43,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,5**			**15,8**			**13,5**			**34,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			0,3			2,9			18,9	22,4
%Protection Av+Ar										3,8			24,9	**28,7**
%Protection R+S				1,4			1,7							**3,1**
Indice performance														***21,1***

Tableau des résultats

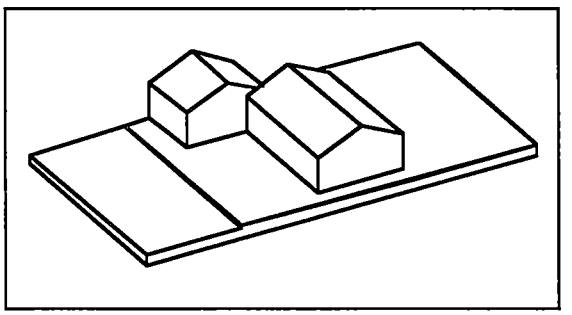
Dh4-1Xb

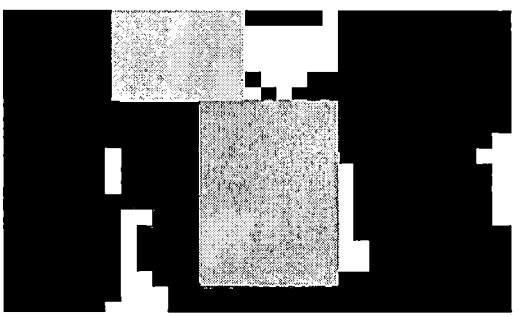


site



posterize



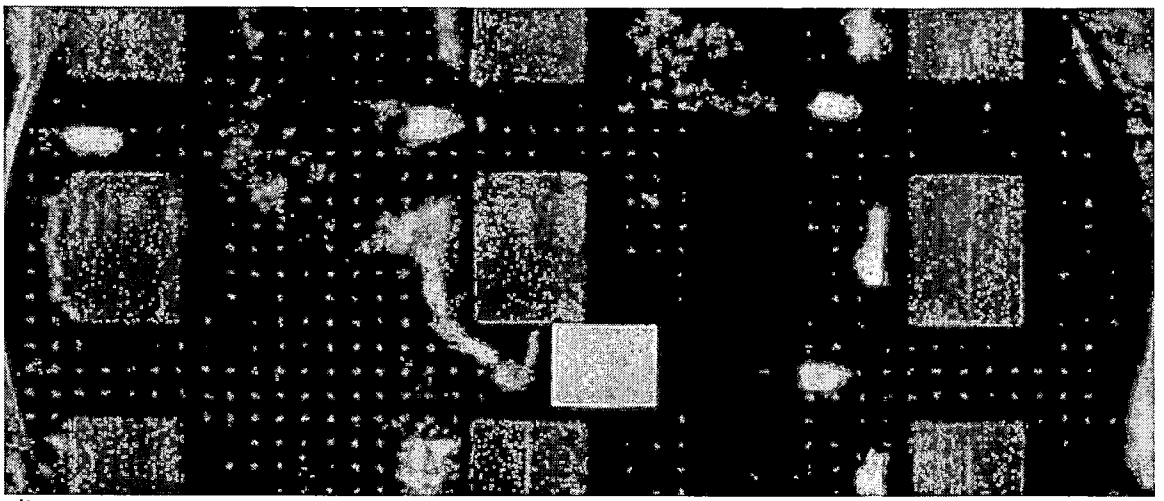


mosaïc

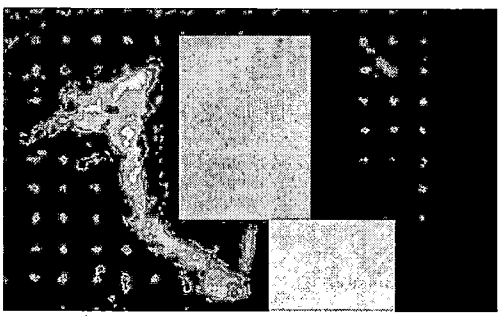
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13932*			*1439*			*14177*			*36404*			
1	0	13688			1379			11454			29063			
2	10	195	80	799	51	85	850	1706	63	627	3283	45	447	
3	8	49	20	161	9	15	120	569	21	167	1590	22	173	
4	6	0	0	0	0	0	0	264	10	58	1219	17	100	
5	4	0	0	0	0	0	0	184	7	27	796	11	43	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	453	6	12	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,8			4,2			19,2			20,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,7**			**4,0**			**16,9**			**15,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			0,1			3,6			8,6	12,7
%Protection Av+Ar										4,7			11,3	**16,0**
%Protection R+S				1,6			0,4							**2,0**
Indice performance														***11,8***

Tableau des résultats

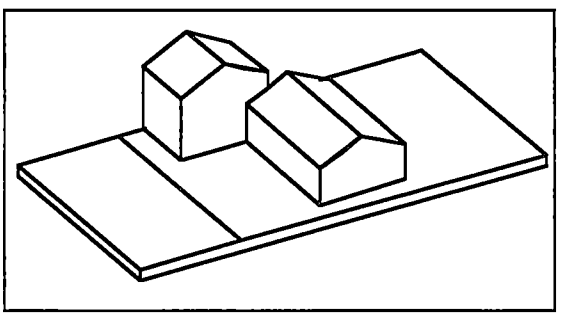
Fh1-2Xb

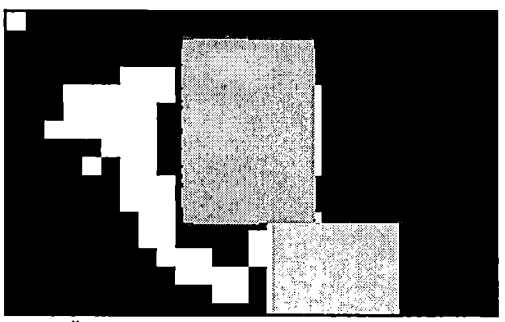


site



posterize



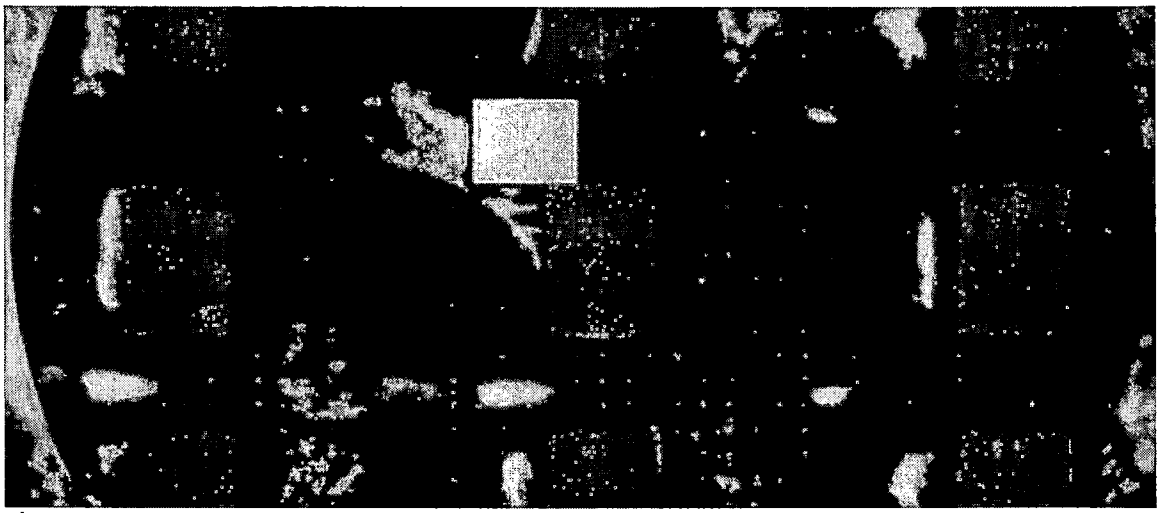


mosaïc

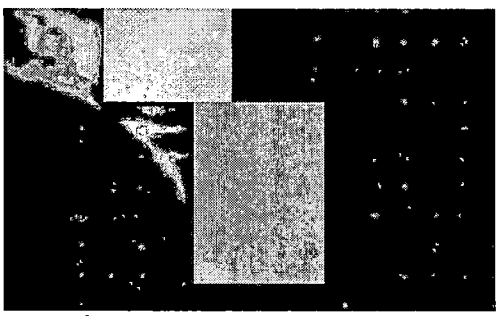
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10547*			*1200*			*10442*			*25900*			
1	0	10488			1197			9972			17834			
2	10	59	##	1000	3	##	1000	440	94	936	3688	46	457	
3	8	0	0	0	0	0	0	30	6	51	1658	21	164	
4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2366	29	176	
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354	4	18	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			1,0			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				0,6			0,3			4,5			31,1	
Az pond./Ipa (Azp)				**0,6**			**0,3**			**4,4**			**25,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,1			0,0			1,0			13,7	14,8
%Protection Av+Ar										1,3			18,1	**19,4**
%Protection R+S				0,5			0,0							**0,5**
Indice performance														***14,5***

Tableau des résultats

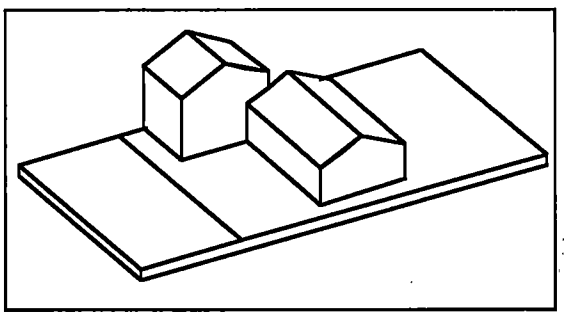
Fh2-2Xb

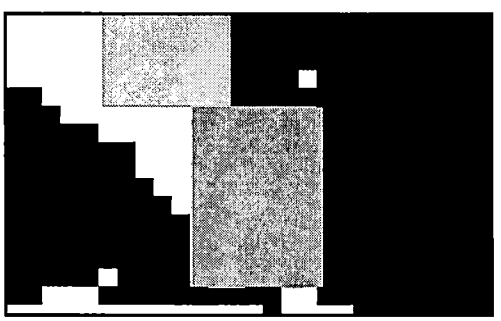


site



posterize



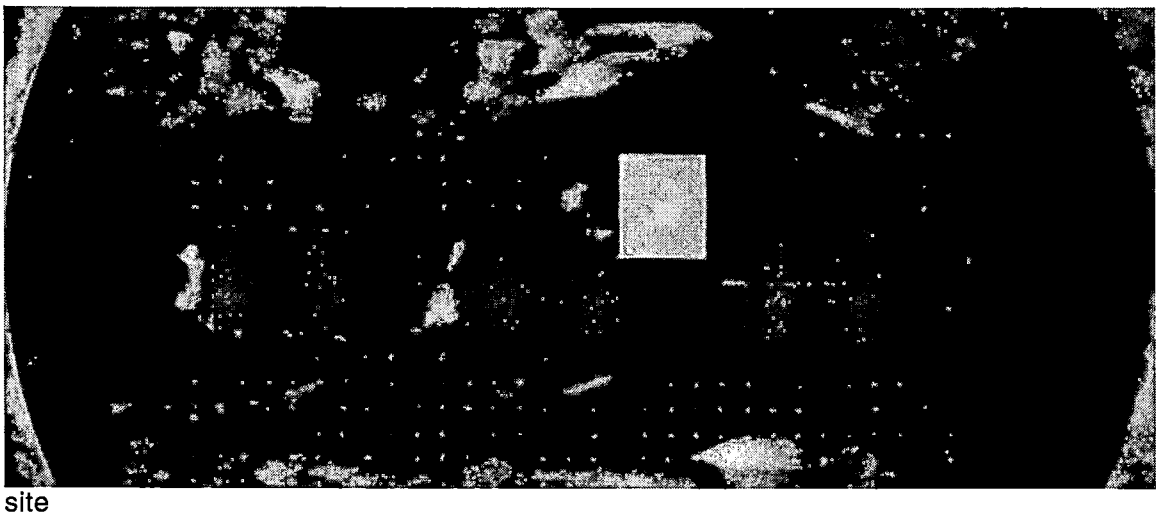


mosaïc

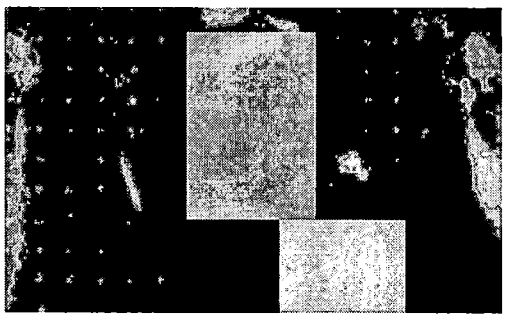
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9702*			*1037*			*9885*			*25807*			
1	0	6218			78			5944			23590			
2	10	1384	40	397	142	15	148	2886	73	732	2119	96	956	
3	8	443	13	102	120	13	100	419	11	85	95	4	34	
4	6	1221	35	210	239	25	150	346	9	53	3	0	1	
5	4	436	13	50	457	48	191	268	7	27	0	0	0	
6	2	0	0	0	1	0	0	22	1	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,6			0,9			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				35,9			92,5			39,9			8,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**27,3**			**54,4**			**35,8**			**8,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				5,7			1,2			7,6			4,7	19,3
%Protection Av+Ar										9,9			6,2	**16,1**
%Protection R+S				32,4			8,9							**41,4**
Indice performance														***2,8***

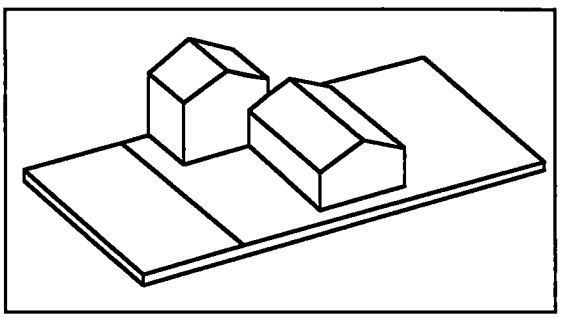
Tableau des résultats

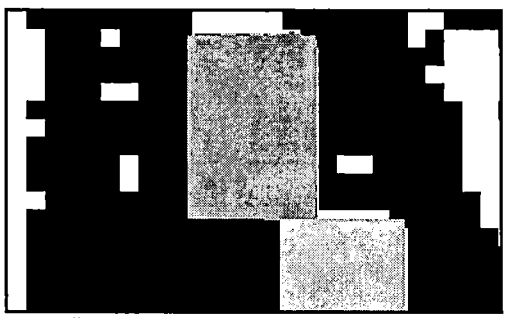
Lh1-2Xb



site





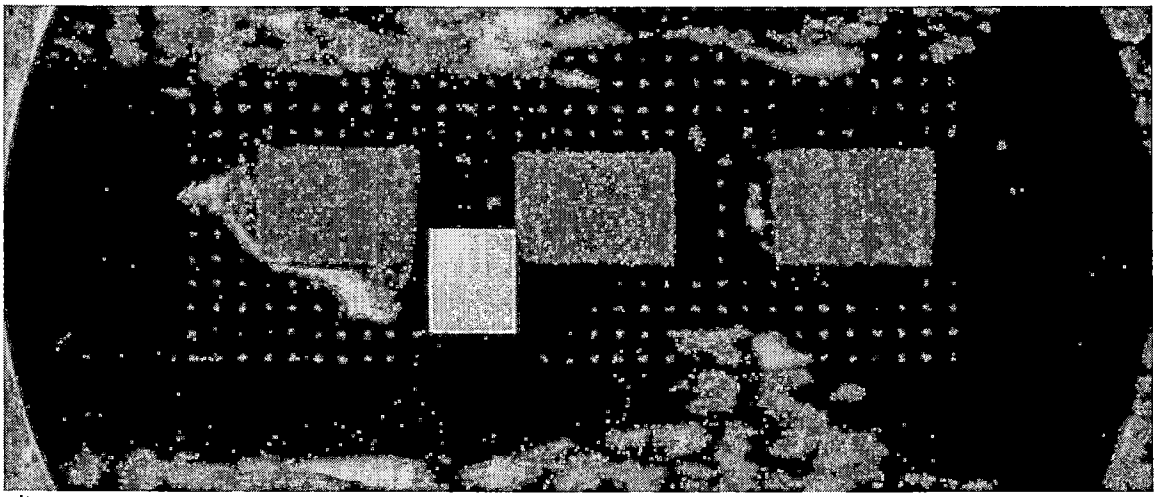


mosaïc

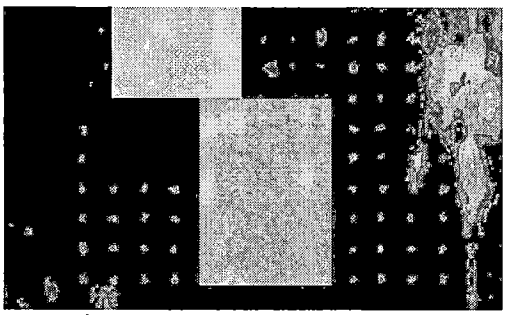
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10348*			*915*			*10740*			*26945*			
1	0	5866			899			9433			21409			
2	10	1091	24	243	16	##	1000	844	65	646	2581	47	466	
3	8	1500	33	268	0	0	0	258	20	158	1300	23	188	
4	6	1196	27	160	0	0	0	128	10	59	1585	29	172	
5	4	686	15	61	0	0	0	77	6	24	70	1	5	
6	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,7			1,0			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				43,3			1,7			12,2			20,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**31,7**			**1,7**			**10,8**			**17,1**	
Azp/surf. lot (Azpl)				6,7			0,0			2,4			9,4	18,5
%Protection Av+Ar										3,1			12,2	**15,3**
%Protection R+S				39,8			0,1							**39,9**
Indice performance														***2,6***

Tableau des résultats

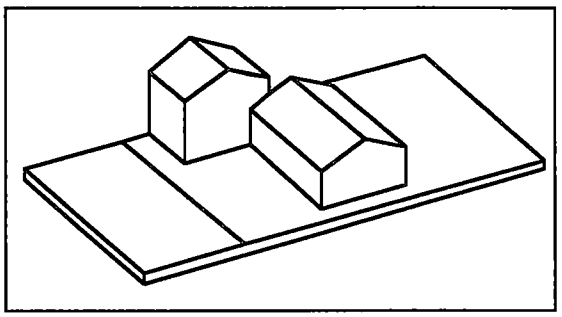
Lh2-2Xb

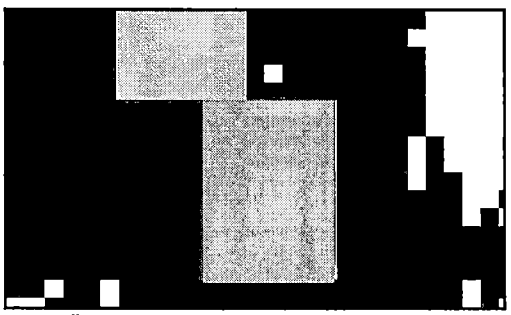


site



posterize



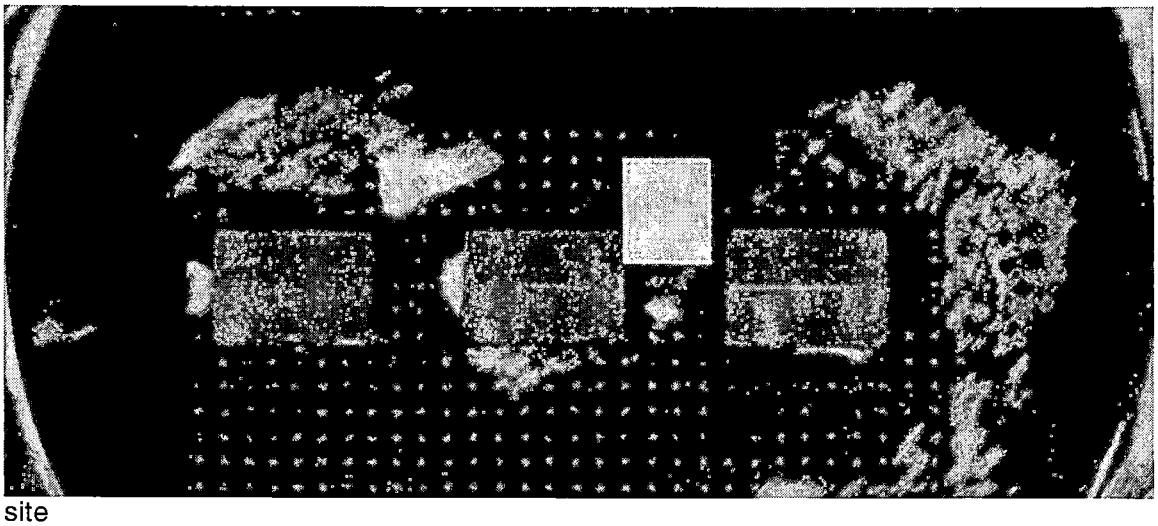


mosaïc

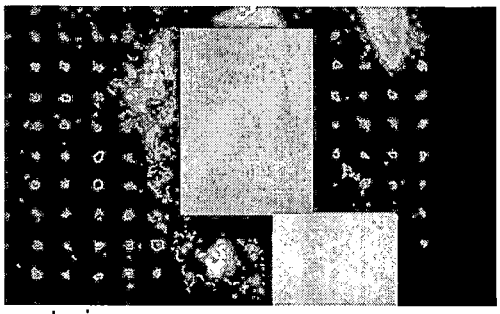
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9900*			*1140*			*10134*			*25449*			
1	0	9562			1124			9578			17727			
2	10	318	94	941	16	##	1000	433	78	779	2515	33	326	
3	8	20	6	47	0	0	0	100	18	144	2125	28	220	
4	6	0	0	0	0	0	0	23	4	25	2659	34	207	
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	423	5	22	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				3,4			1,4			5,5			30,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**3,4**			**1,4**			**5,2**			**23,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,7			0,0			1,1			12,8	14,7
%Protection Av+Ar										1,5			16,8	**18,3**
%Protection R+S				3,1			0,1							**3,2**
Indice performance														***13,2***

Tableau des résultats

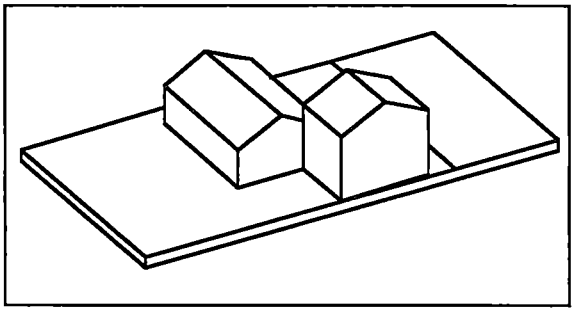
Dh1-2Xb

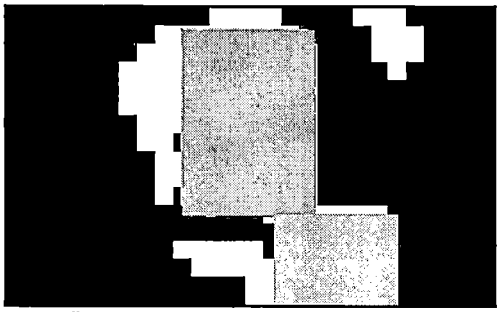


site



posterize



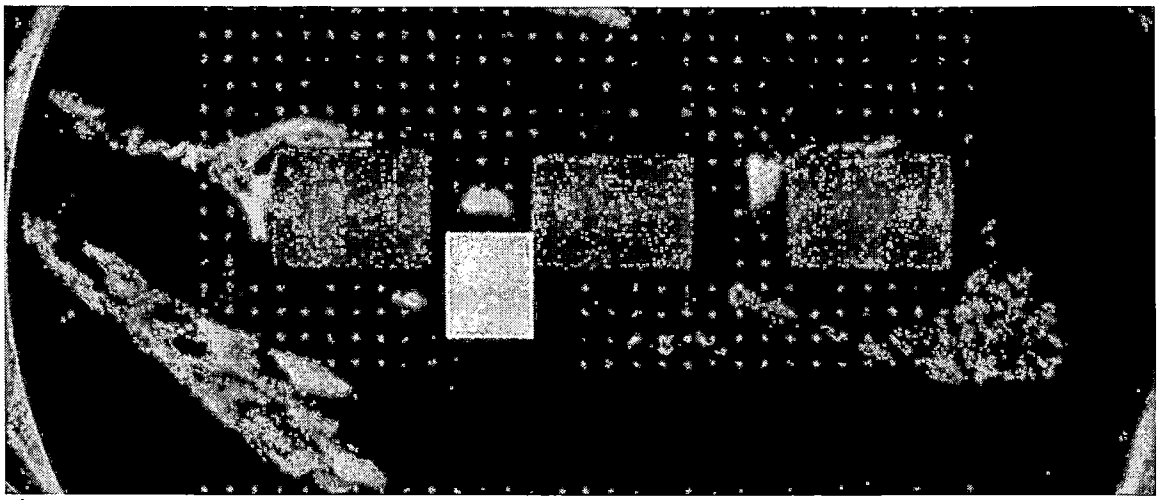


mosaïc

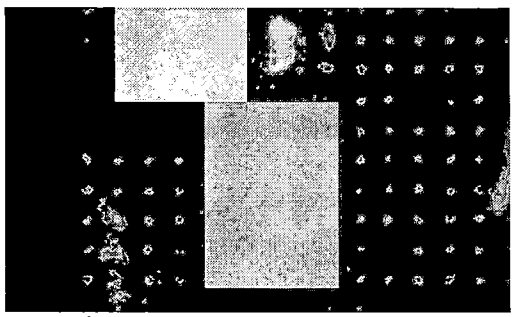
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10547*			*1195*			*10468*			*25899*			
1	0	10376			1157			8354			19423			
2	10	155	91	906	38	##	1000	955	45	452	3736	58	577	
3	8	16	9	75	0	0	0	249	12	94	1230	19	152	
4	6	0	0	0	0	0	0	526	25	149	1070	17	99	
5	4	0	0	0	0	0	0	383	18	72	331	5	20	
6	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	109	2	3	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			0,8			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,6			3,2			20,2			25,0	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,6**			**3,2**			**15,5**			**21,3**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			0,1			3,4			11,5	15,3
%Protection Av+Ar										4,5			15,2	**19,6**
%Protection R+S				1,5			0,3							**1,8**
Indice performance														***14,4***

Tableau des résultats

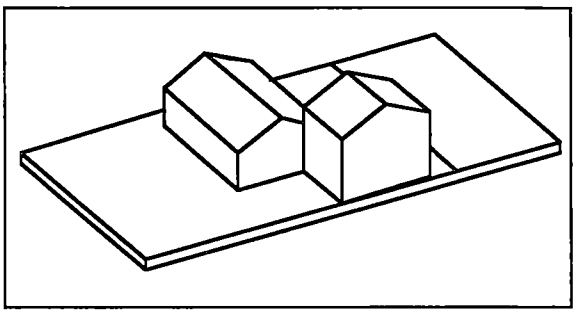
Dh4-2Xb

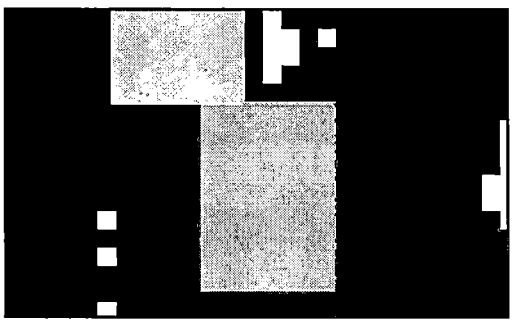


site



posterize



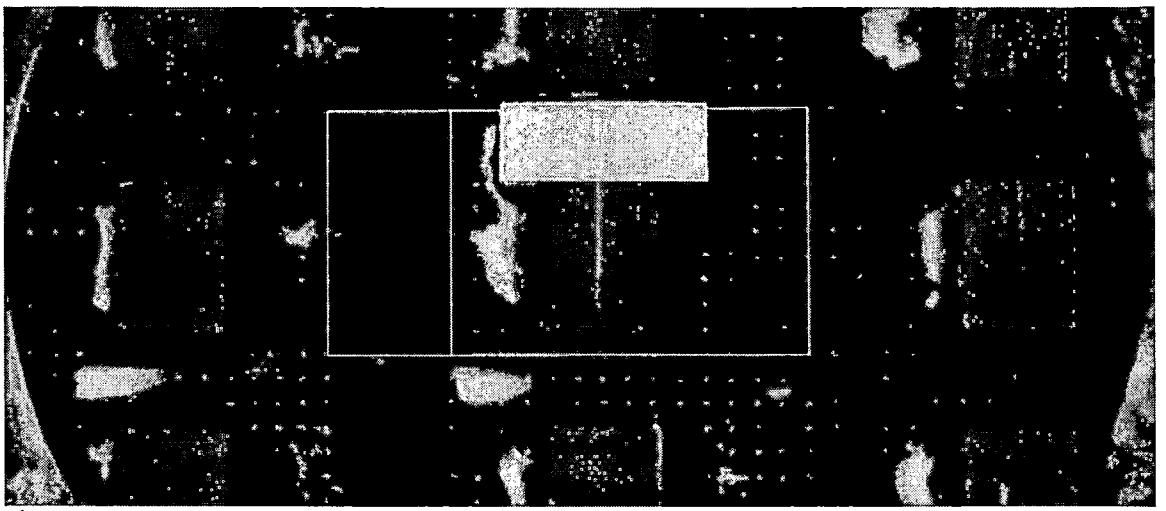


mosaïc

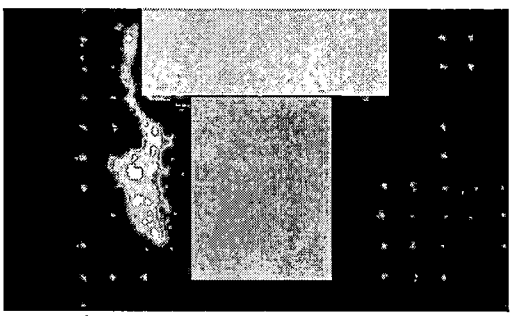
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10050*			*1197*			*10332*			*25766*			
1	0	10006			1180			9173			22900			
2	10	44	##	1000	17	##	1000	964	83	832	1925	67	672	
3	8	0	0	0	0	0	0	171	15	118	213	7	59	
4	6	0	0	0	0	0	0	23	2	12	326	11	68	
5	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	396	14	55	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				0,4			1,4			11,2			11,1	
Az pond./Ipa (Azp)				**0,4**			**1,4**			**10,8**			**9,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,1			0,0			2,4			5,2	7,7
%Protection Av+Ar										3,1			6,8	**9,9**
%Protection R+S				0,4			0,2							**0,5**
Indice performance														***7,4***

Tableau des résultats

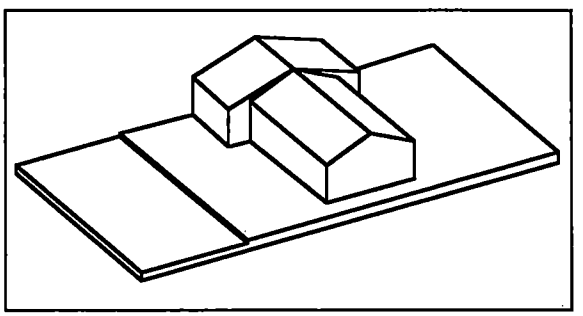
Fh2-1Za

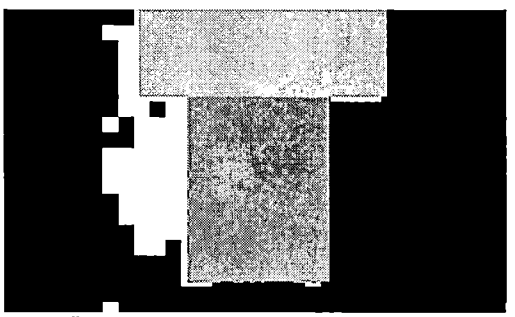


site



posterize



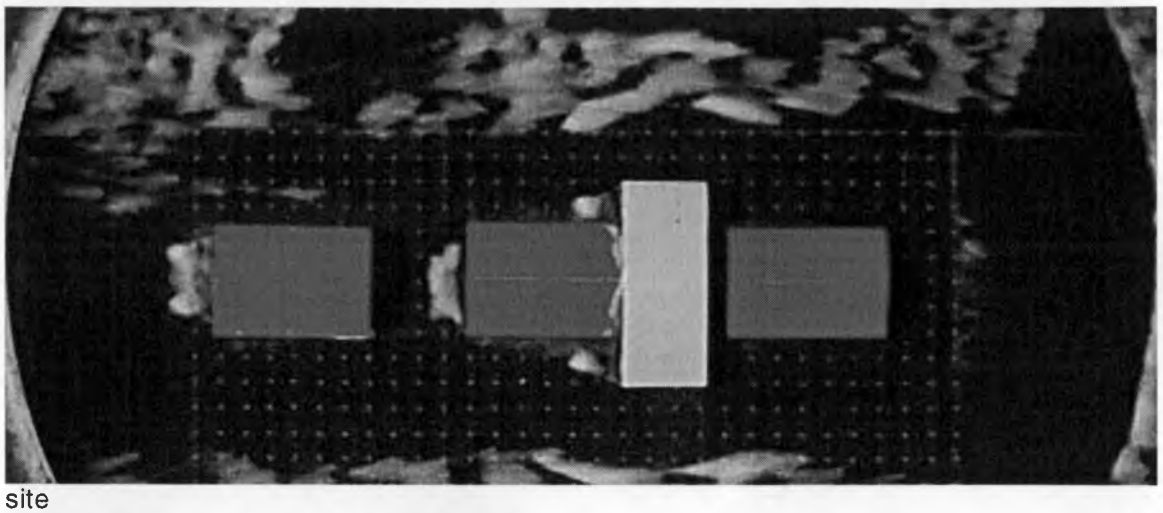


mosaïc

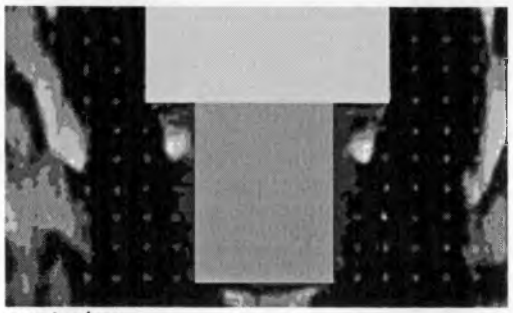
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13452*			*3060*			*13660*			*28532*			
1	0	13189			1918			7035			27050			
2	10	245	93	932	478	42	419	2887	44	436	1325	89	894	
3	8	18	7	55	258	23	181	1027	16	124	154	10	83	
4	6	0	0	0	212	19	111	872	13	79	3	0	1	
5	4	0	0	0	179	16	63	1600	24	97	0	0	0	
6	2	0	0	0	15	1	3	239	4	7	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,7			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,0			37,3			48,5			5,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,9**			**29,0**			**36,0**			**5,1**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			1,5			8,4			2,5	12,8
%Protection Av+Ar										11,7			3,4	**15,1**
%Protection R+S				1,6			6,9							**8,5**
Indice performance														***8,5***

Tableau des résultats

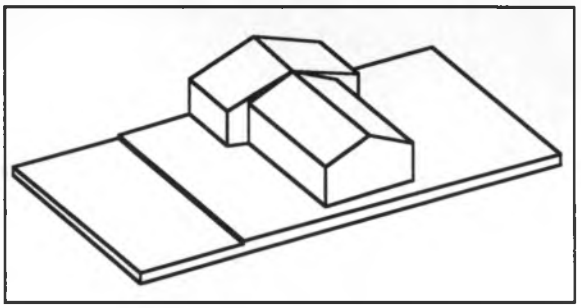
Lh1-1Za

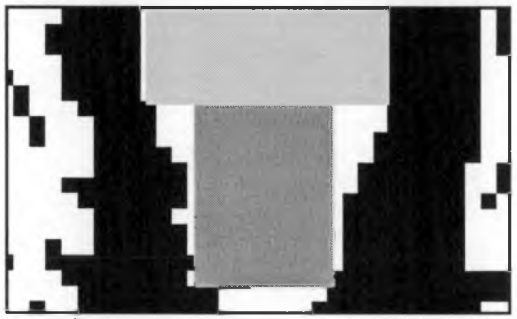


site



posterize



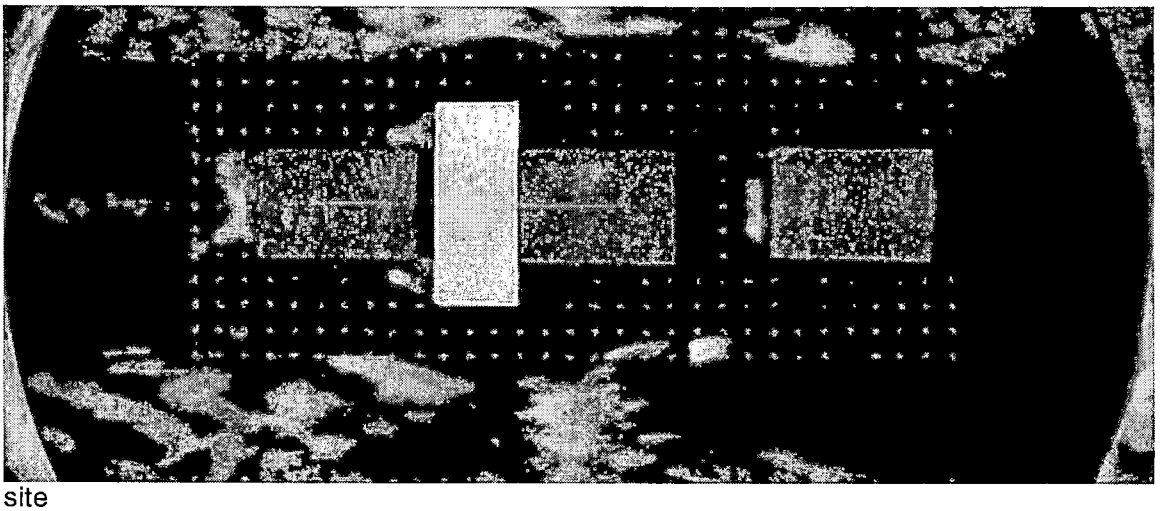


mosaïc

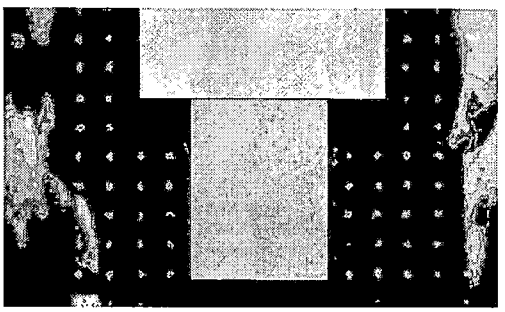
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*4328*			*14918*			*28439*			
1	0	3863			4056			11658			20251			
2	10	1646	16	164	250	92	919	1846	57	566	3871	47	473	
3	8	3177	32	253	22	8	65	665	20	163	1519	19	148	
4	6	4237	42	253	0	0	0	376	12	69	1702	21	125	
5	4	994	10	40	0	0	0	339	10	42	1020	12	50	
6	2	7	0	0	0	0	0	34	1	2	76	1	2	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,7			1,0			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				72,3			6,3			21,9			28,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**51,2**			**6,2**			**18,4**			**23,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				11,6			0,4			4,5			10,6	27,1
%Protection Av+Ar										6,3			15,1	**21,4**
%Protection R+S				55,1			1,5							**56,6**
Indice performance														***-1,7***

Tableau des résultats

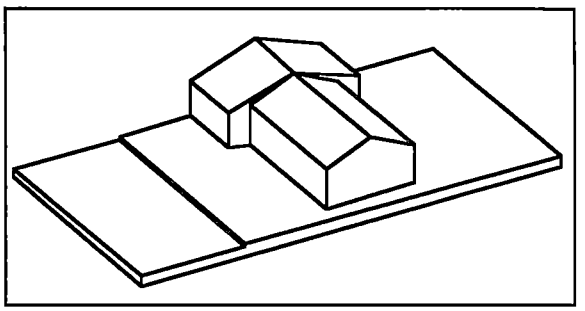
Lh2-1Za

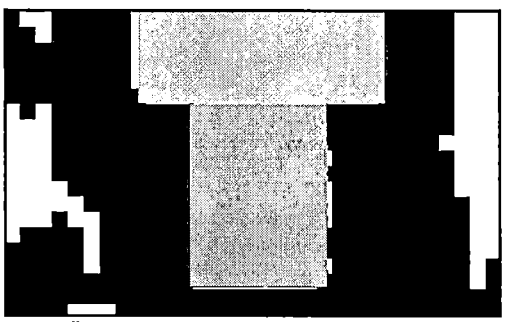


site



posterize



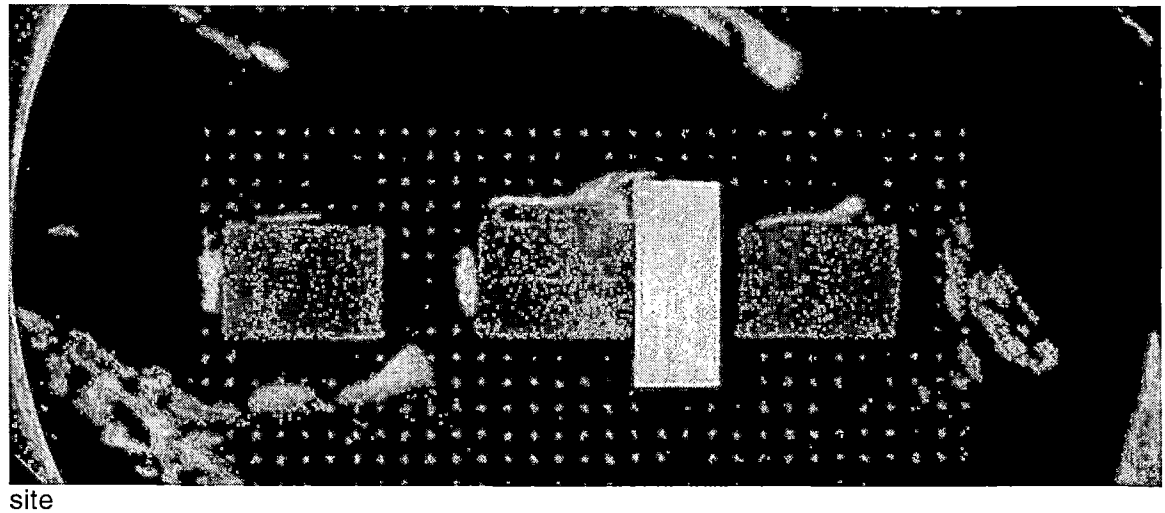


mosaïc

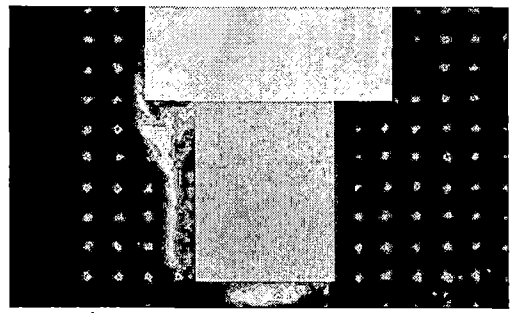
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14155*			*3901*			*15062*			*28000*			
1	0	9176			3688			13226			20956			
2	10	1190	24	239	194	91	911	1082	59	589	2017	29	286	
3	8	1253	25	201	19	9	71	345	19	150	1115	16	127	
4	6	1920	39	231	0	0	0	157	9	51	1713	24	146	
5	4	605	12	49	0	0	0	166	9	36	2198	31	125	
6	2	11	0	0	0	0	0	86	5	9	1	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,7			1,0			0,8			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				35,2			5,5			12,2			25,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**25,4**			**5,4**			**10,2**			**17,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				5,9			0,3			2,5			7,9	16,6
%Protection Av+Ar										3,6			11,2	**14,8**
%Protection R+S				27,6			1,2							**28,8**
Indice performance														***1,9***

Tableau des résultats

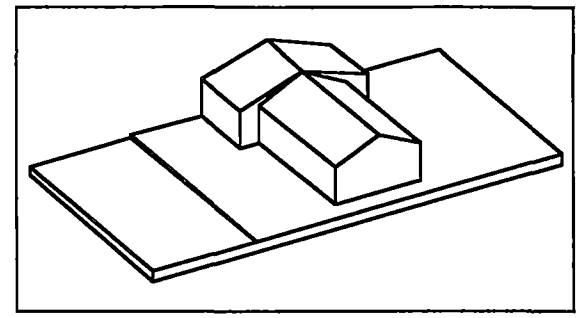
Dh2-1Za

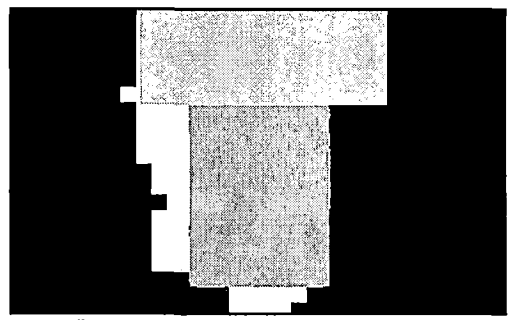


site



posterize



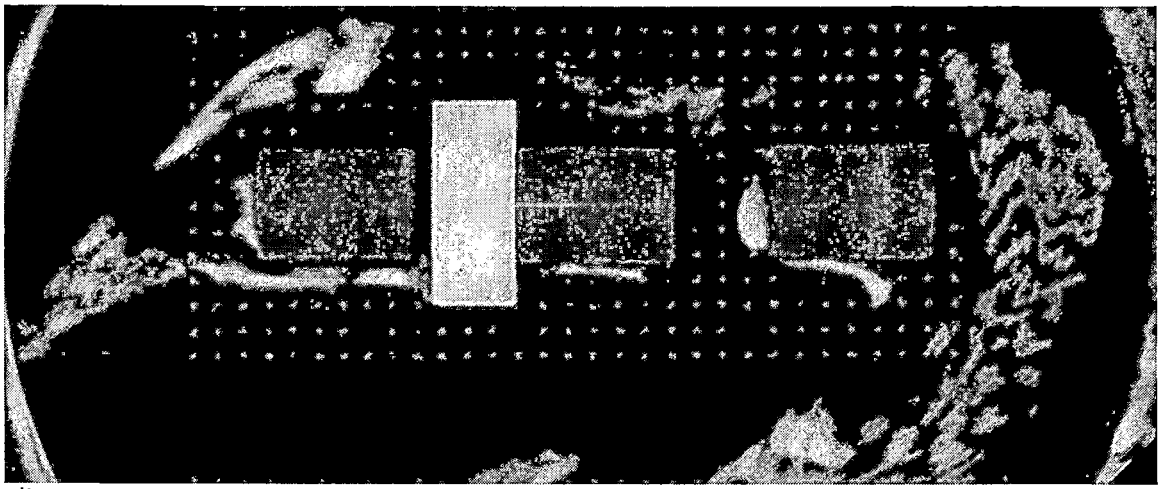


mosaïc

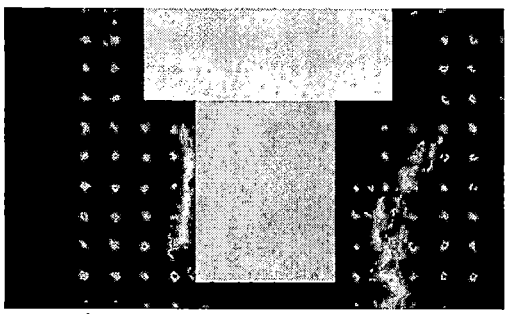
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*3696*			*14123*			*27922*			
1	0	13545			3251			9575			26443			
2	10	135	94	944	282	63	634	1883	41	414	1296	88	876	
3	8	8	6	45	55	12	99	844	19	148	178	12	96	
4	6	0	0	0	70	16	94	966	21	127	5	0	2	
5	4	0	0	0	38	9	34	847	19	74	0	0	0	
6	2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,0			12,0			32,2			5,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,0**			**10,4**			**24,6**			**5,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,2			0,6			5,9			2,4	9,2
%Protection Av+Ar										8,3			3,4	**11,7**
%Protection R+S				0,8			2,6							**3,4**
Indice performance														***7,3***

Tableau des résultats

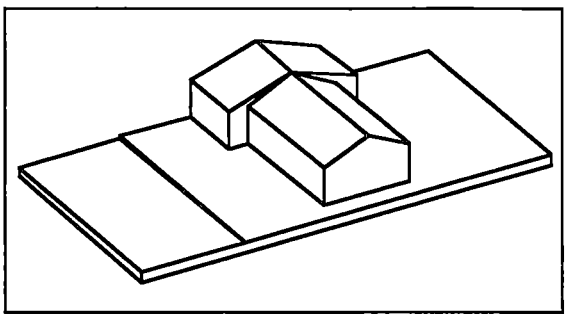
Dh3-1Za

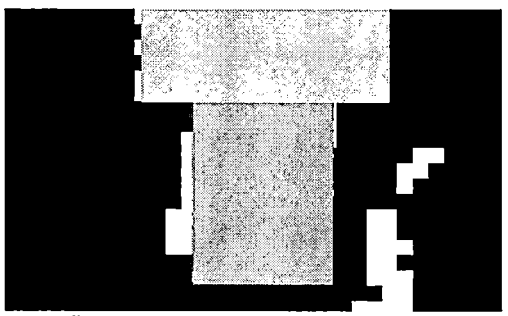


site



posterize



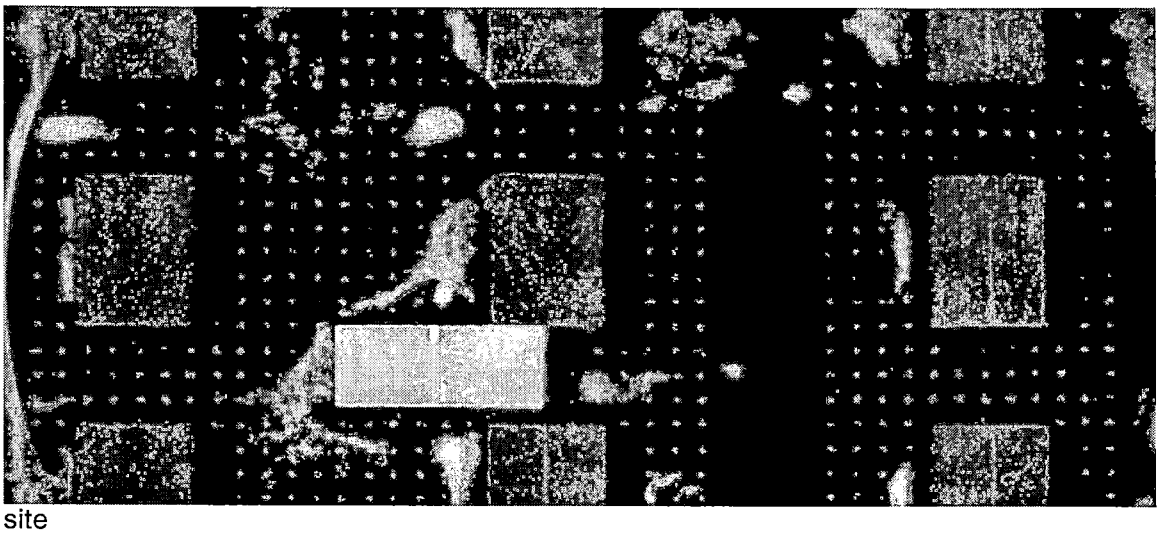


mosaïc

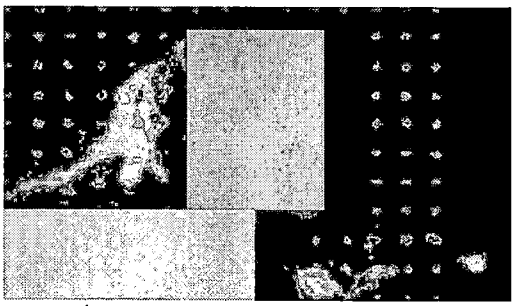
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13452*			*3769*			*14177*			*27508*			
1	0	13245			3442			12222			23633			
2	10	177	86	855	225	69	688	1170	60	598	2333	60	602	
3	8	30	14	116	30	9	73	331	17	135	931	24	192	
4	6	0	0	0	0	0	0	248	13	76	521	13	81	
5	4	0	0	0	72	22	88	206	11	42	90	2	9	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,5			8,7			13,8			14,1	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,5**			**7,4**			**11,8**			**12,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			0,5			2,8			5,8	9,5
%Protection Av+Ar										4,0			8,2	**12,2**
%Protection R+S				1,2			1,9							**3,1**
Indice performance														***7,7***

Tableau des résultats

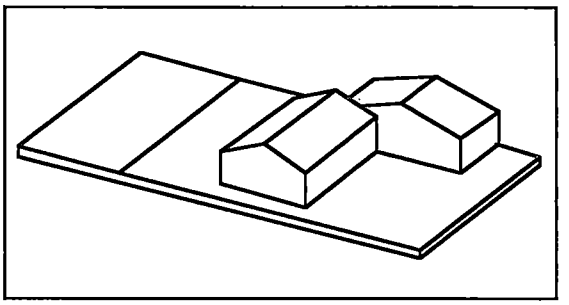
Fh1-1Zb

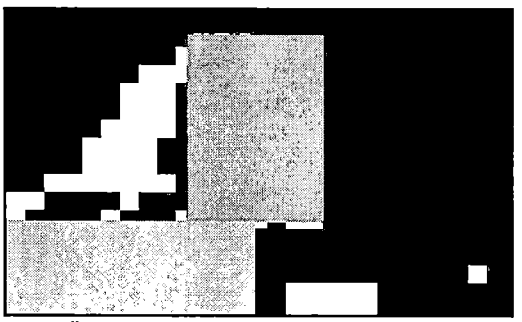


site



posterize



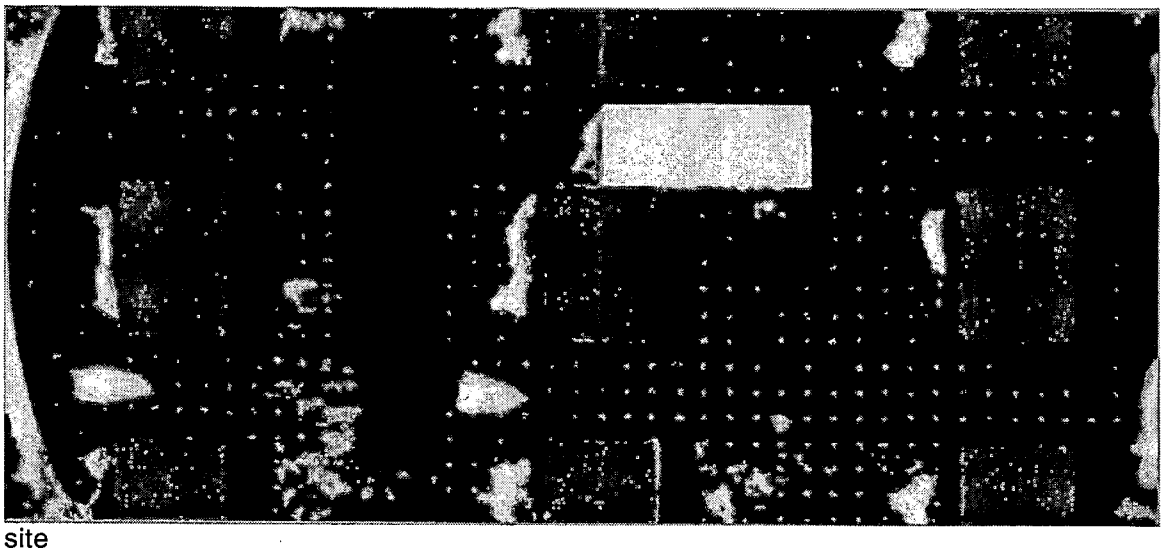


mosaïc

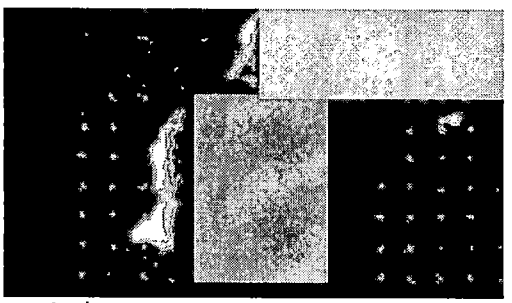
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10452*			*7357*			*11186*			*15765*			
1	0	10108			5545			9738			10769			
2	10	190	55	552	814	45	449	381	26	263	1800	36	360	
3	8	58	17	135	458	25	202	43	3	24	933	19	149	
4	6	33	10	58	353	19	117	33	2	14	924	18	111	
5	4	55	16	64	106	6	23	510	35	141	1204	24	96	
6	2	8	2	5	81	4	9	481	33	66	135	3	5	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			0,5			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				3,3			24,6			12,9			31,7	
Az pond./Ipa (Azp)				**2,7**			**19,7**			**6,6**			**22,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,6			3,2			1,6			8,1	13,6
%Protection Av+Ar										2,7			13,4	**16,1**
%Protection R+S				1,9			10,2							**12,1**
Indice performance														***4,9***

Tableau des résultats

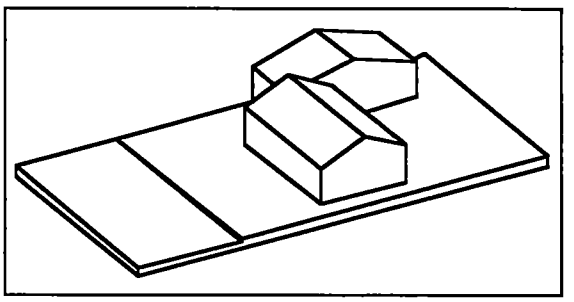
Fh2-1Zb

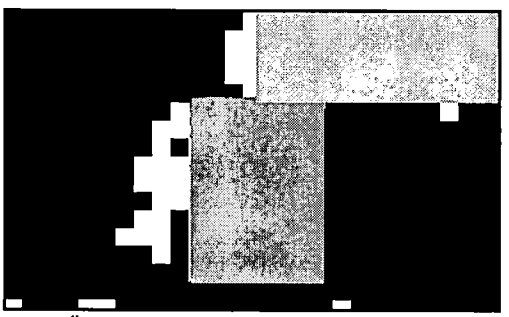


site



posterize



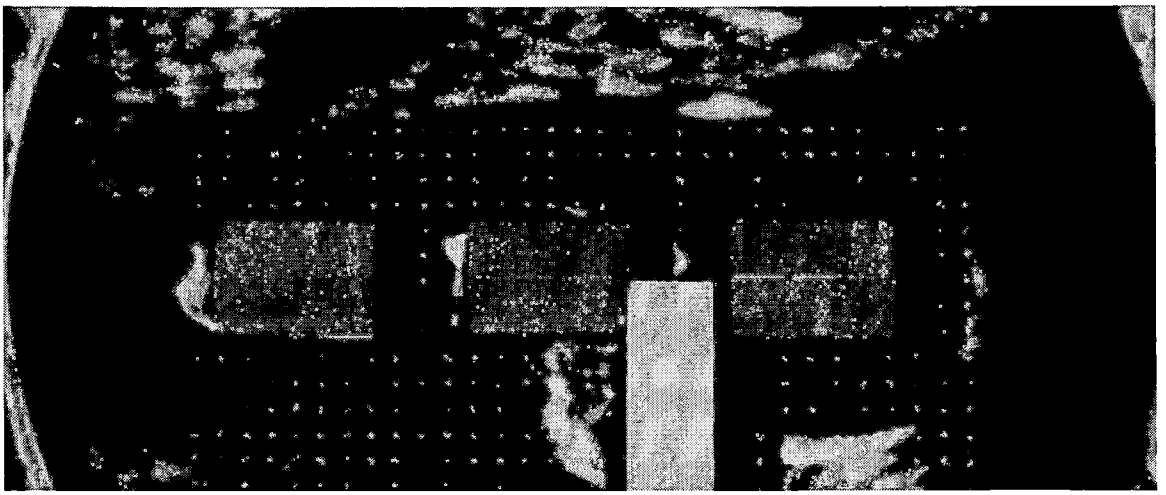


mosaïc

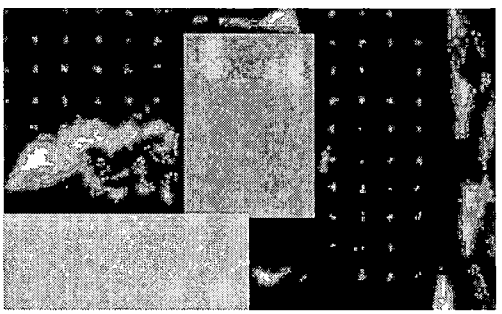
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9850*			*6512*			*10120*			*16021*			
1	0	9352			5162			6885			14487			
2	10	445	89	894	630	47	467	1279	40	395	998	65	651	
3	8	53	11	85	240	18	142	535	17	132	299	19	156	
4	6	0	0	0	208	15	92	430	13	80	60	4	23	
5	4	0	0	0	191	14	57	510	16	63	27	2	7	
6	2	0	0	0	81	6	12	481	15	30	150	10	20	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,7			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				5,1			20,7			32,0			9,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**4,9**			**16,0**			**22,4**			**8,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				1,1			2,4			5,3			3,1	12,0
%Protection Av+Ar										8,7			5,0	**13,7**
%Protection R+S				3,0			8,3							**11,3**
Indice performance														***4,1***

Tableau des résultats

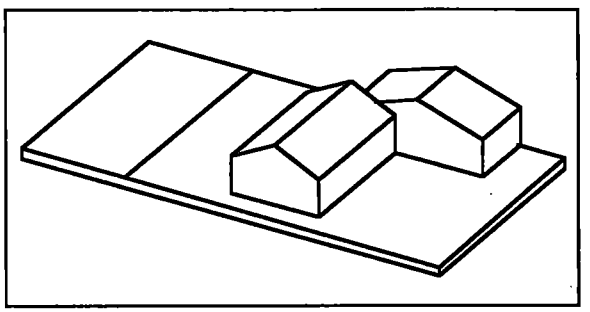
Lh1-1Zb

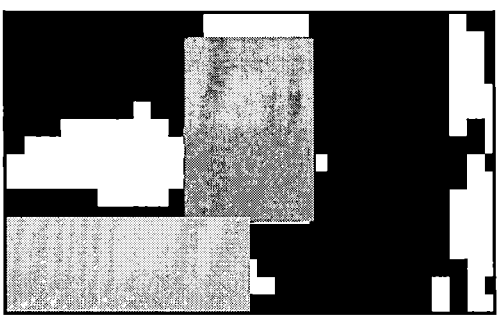


site



posterize



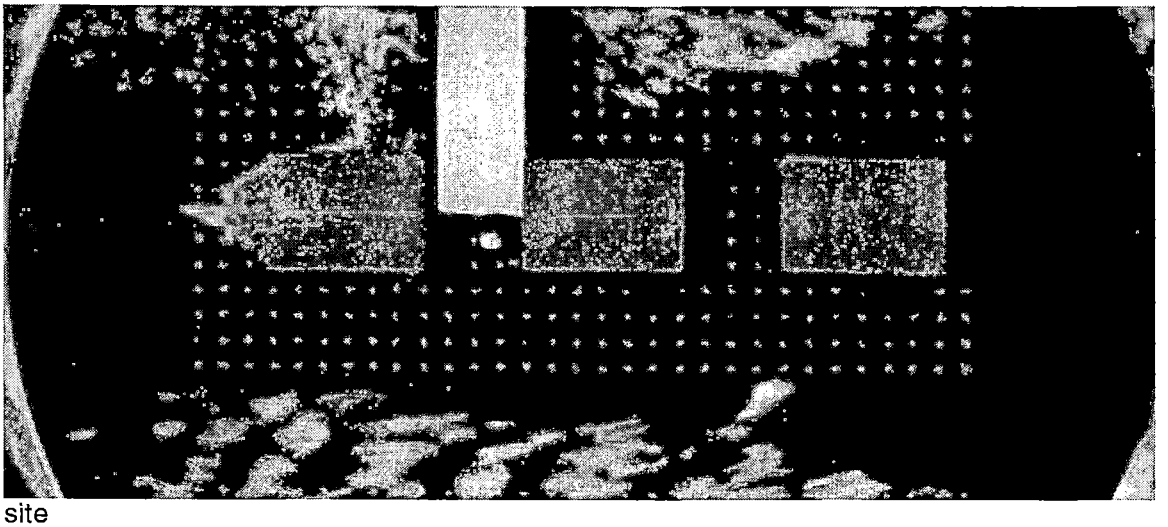


mosaïc

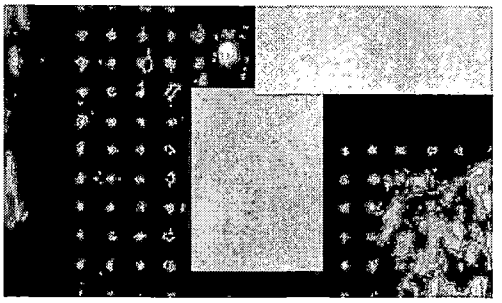
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9996*			*7194*			*10220*			*16142*			
1	0	5529			6560			9289			10412			
2	10	1639	37	367	425	67	670	769	83	826	2058	36	359	
3	8	1567	35	281	88	14	111	139	15	119	1221	21	170	
4	6	942	21	127	49	8	46	23	2	15	958	17	100	
5	4	277	6	25	51	8	32	0	0	0	1228	21	86	
6	2	42	1	2	21	3	7	0	0	0	265	5	9	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,9			1,0			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				44,7			8,8			9,1			35,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**35,8**			**7,6**			**8,7**			**25,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				8,2			1,3			2,1			9,5	21,1
%Protection Av+Ar										3,4			15,8	**19,1**
%Protection R+S				26,0			3,7							**29,7**
Indice performance														***-0,1***

Tableau des résultats

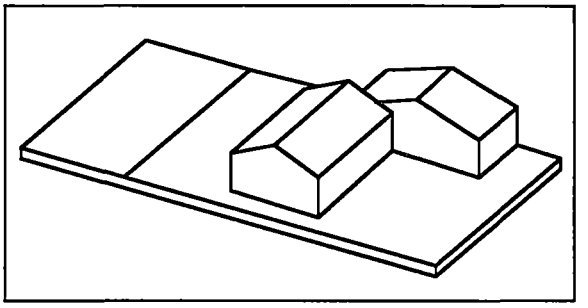
Lh2-1Zb

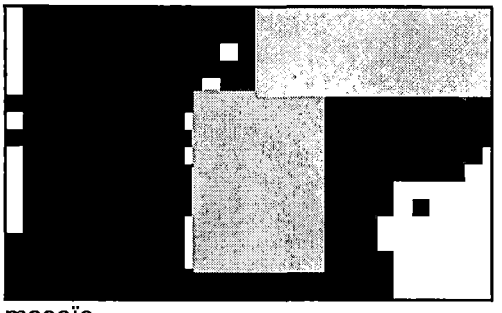


site



posterize



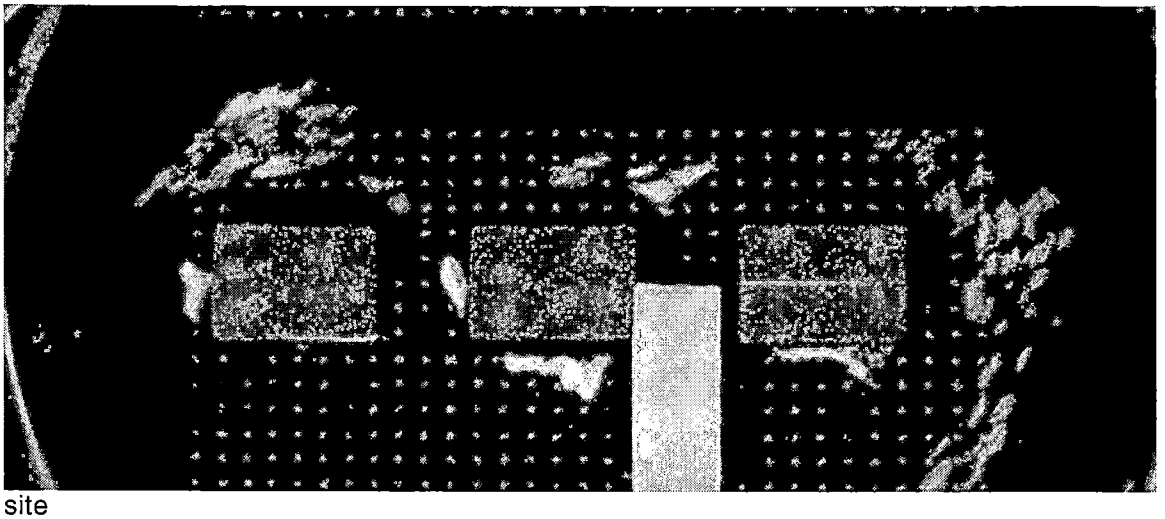


mosaïc

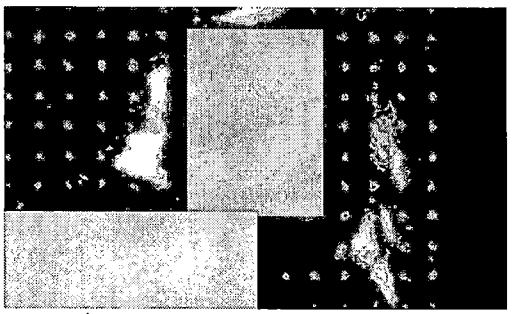
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10450*			*6659*			*10796*			*16096*			
1	0	8784			5581			9544			10200			
2	10	805	48	483	759	70	704	1060	85	847	2153	37	365	
3	8	471	28	226	163	15	121	189	15	121	1667	28	226	
4	6	376	23	135	36	3	20	3	0	1	1740	30	177	
5	4	14	1	3	58	5	22	0	0	0	336	6	23	
6	2	0	0	0	62	6	12	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,9			1,0			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				15,9			16,2			11,6			36,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**13,5**			**14,2**			**11,2**			**29,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,2			2,2			2,8			10,6	18,7
%Protection Av+Ar										4,5			17,3	**21,9**
%Protection R+S				9,7			6,3							**16,0**
Indice performance														***7,1***

Tableau des résultats

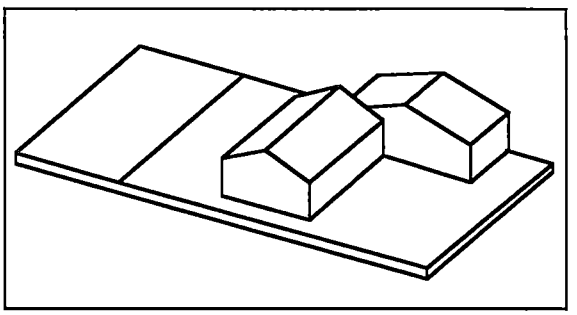
Dh1-1Zb

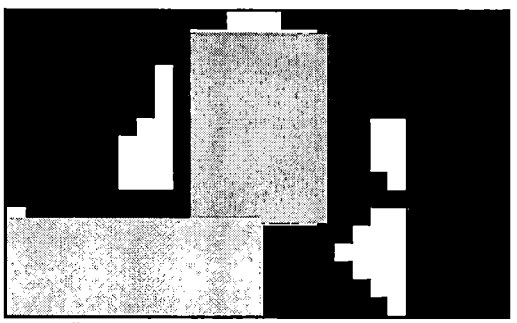


site



posterize



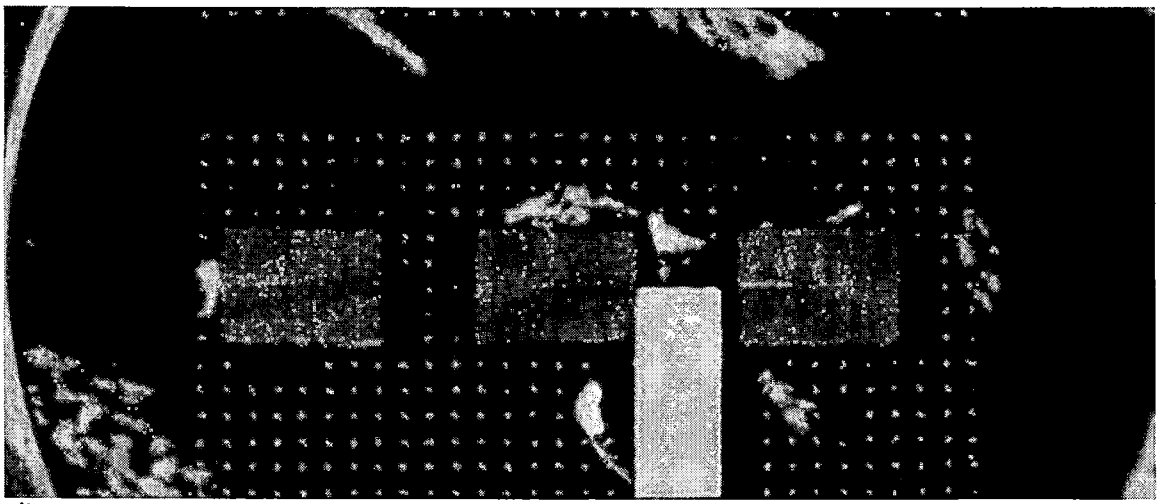


mosaïc

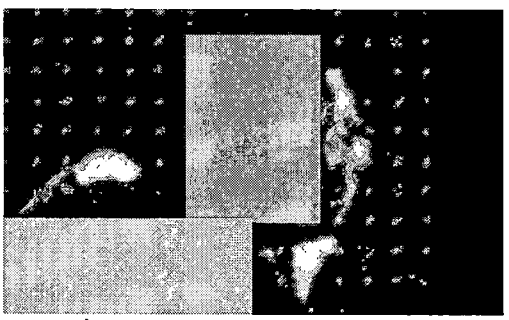
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10045*			*7560*			*10712*			*15808*			
1	0	10013			5747			8885			12901			
2	10	32	##	1000	664	37	366	1048	57	574	1093	38	376	
3	8	0	0	0	375	21	165	487	27	213	383	13	105	
4	6	0	0	0	350	19	116	237	13	78	233	8	48	
5	4	0	0	0	371	20	82	53	3	12	385	13	53	
6	2	0	0	0	53	3	6	2	0	0	813	28	56	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			0,9			0,6	
% Acc. / surf. zone (Az)				0,3			24,0			17,1			18,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**0,3**			**17,6**			**14,9**			**11,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,1			3,0			3,6			4,2	10,9
%Protection Av+Ar										6,0			7,0	**13,0**
%Protection R+S				0,2			10,3							**10,5**
Indice performance														***3,7***

Tableau des résultats

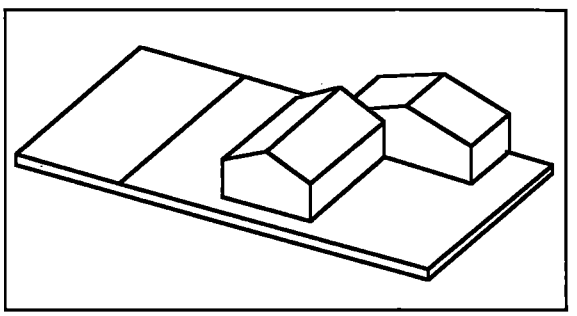
Dh2-1Zb

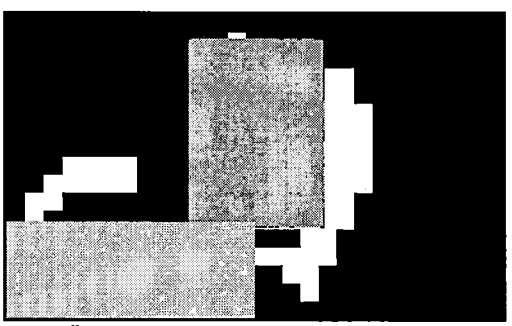


site



posterize



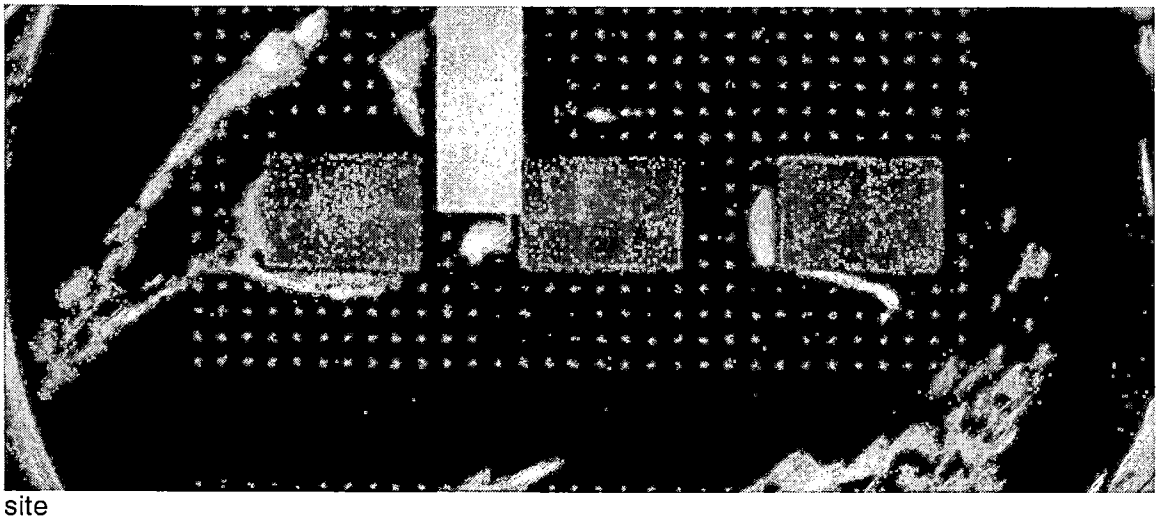


mosaïc

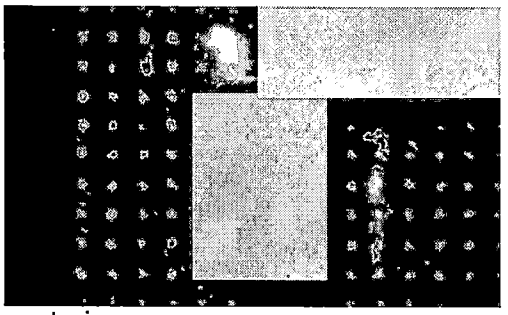
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9947*			*7196*			*10646*			*16142*			
1	0	9837			5398			7382			13618			
2	10	102	93	927	879	49	489	1484	45	455	1150	46	456	
3	8	8	7	58	220	12	98	645	20	158	554	22	176	
4	6	0	0	0	129	7	43	557	17	102	222	9	53	
5	4	0	0	0	250	14	56	455	14	56	201	8	32	
6	2	0	0	0	320	18	36	123	4	8	397	16	31	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			0,8			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,1			25,0			30,7			15,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,1**			**18,0**			**23,9**			**11,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,2			3,0			5,8			4,3	13,3
%Protection Av+Ar										9,5			7,0	**16,5**
%Protection R+S				0,6			10,5							**11,1**
Indice performance														***5,7***

Tableau des résultats

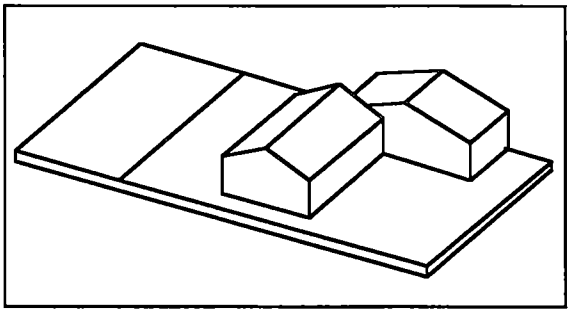
Dh3-1Zb

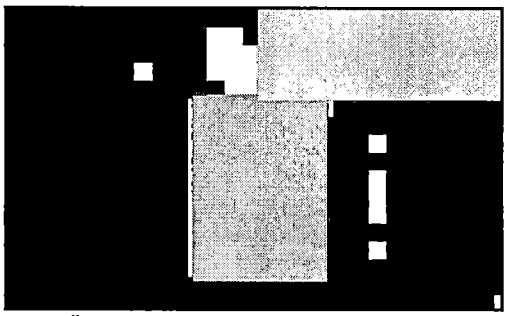


site



posterize



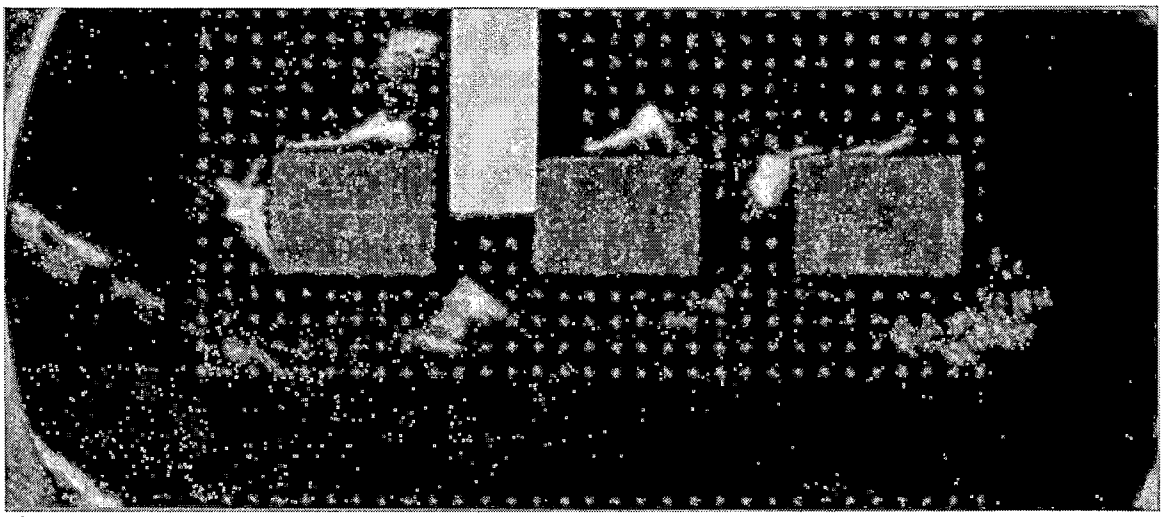


mosaïc

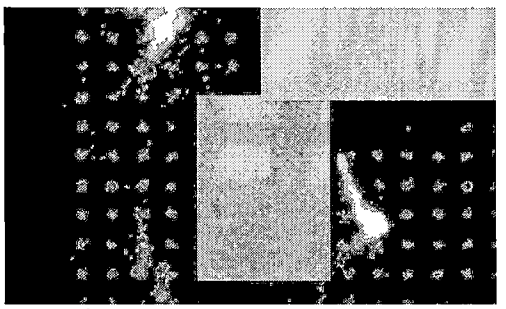
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9648*			*6665*			*10435*			*15728*			
1	0	9491			4852			9429			14013			
2	10	141	90	898	798	44	440	854	85	849	1229	72	717	
3	8	14	9	71	212	12	94	144	14	115	337	20	157	
4	6	2	1	8	174	10	58	8	1	5	74	4	26	
5	4	0	0	0	280	15	62	0	0	0	56	3	13	
6	2	0	0	0	349	19	38	0	0	0	19	1	2	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,6			27,2			9,6			10,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,6**			**18,8**			**9,3**			**10,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			3,0			2,3			3,7	9,3
%Protection Av+Ar										3,7			6,0	**9,7**
%Protection R+S				1,0			11,1							**12,1**
Indice performance														***1,3***

Tableau des résultats

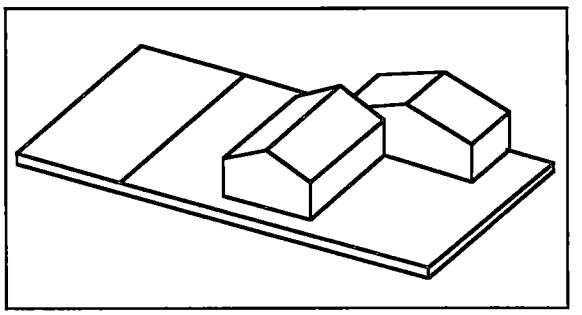
Dh4-1Zb

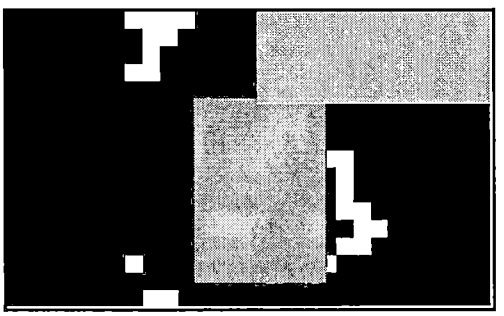


site



posterize



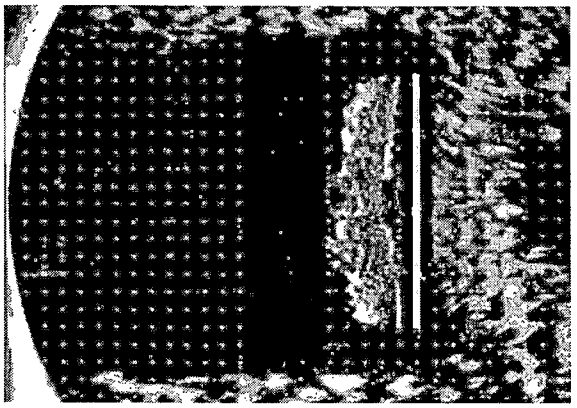


mosaïc

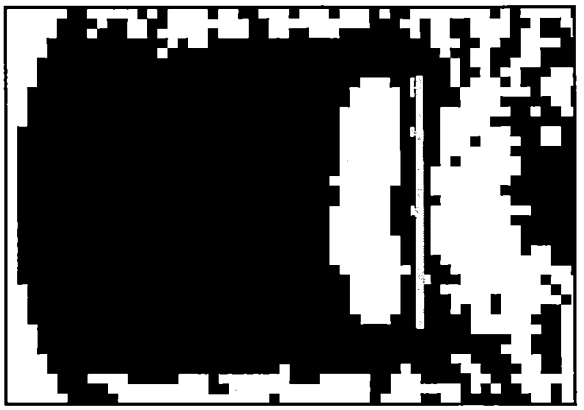
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10294*			*7395*			*11516*			*15564*			
1	0	10163			5495			9879			13213			
2	10	130	99	992	827	44	435	1143	70	698	1198	51	510	
3	8	1	1	6	273	14	115	413	25	202	337	14	115	
4	6	0	0	0	209	11	66	79	5	29	219	9	56	
5	4	0	0	0	316	17	67	2	0	0	246	10	42	
6	2	0	0	0	275	14	29	0	0	0	351	15	30	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,7			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				1,3			25,7			14,2			15,1	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,3**			**18,3**			**13,2**			**11,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,3			3,0			3,4			3,9	10,7
%Protection Av+Ar										5,6			6,5	**12,1**
%Protection R+S				0,7			10,7							**11,5**
Indice performance														***2,8***

Tableau des résultats

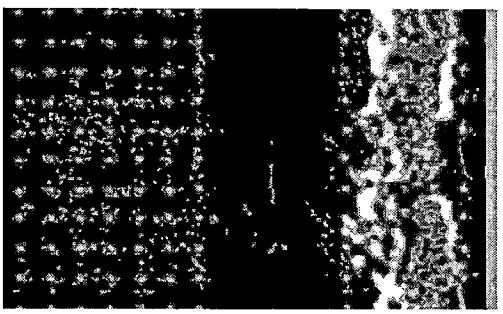
Fh2-BV40iso



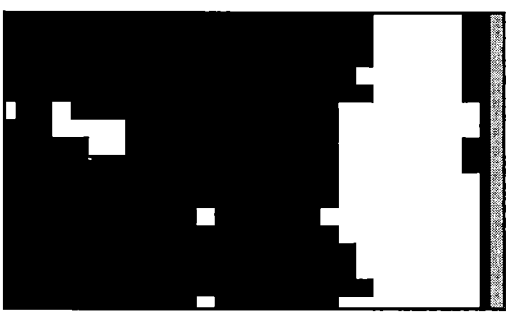
posterize 6.s



mosaïc 6.s



posterize 5.l

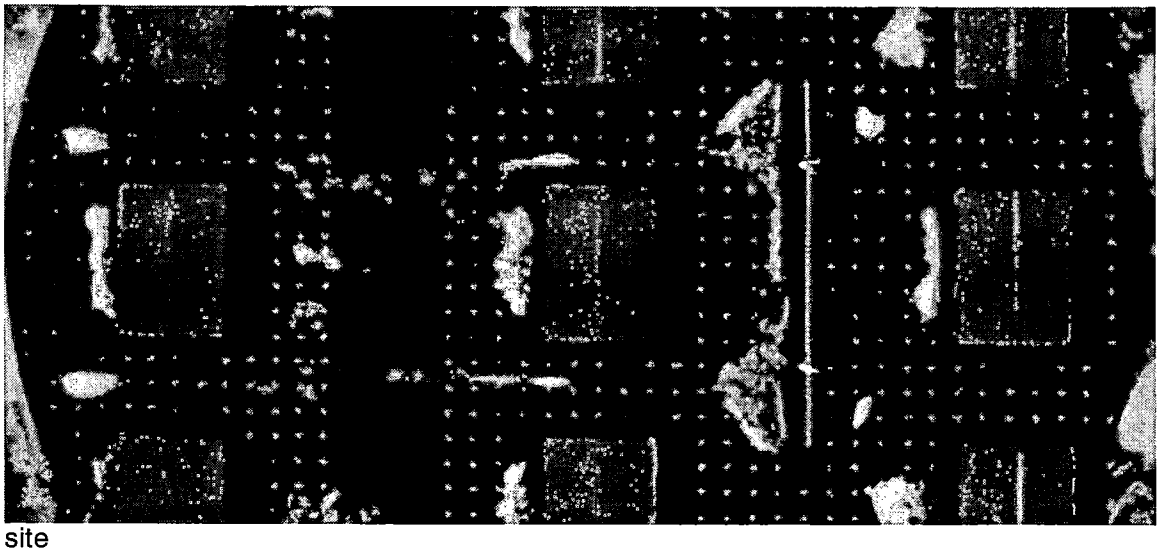


mosaïc 5.l

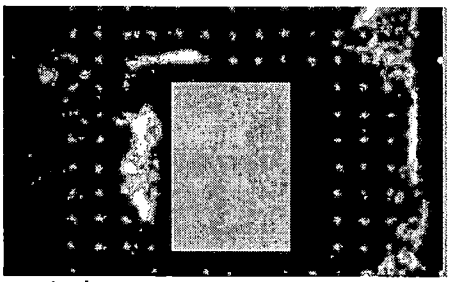
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*11770*			*11900*			*13559*			*26787*			
1	0	9363			10573			9933			7792			
2	10	1894	79	787	965	73	727	2951	81	814	7891	42	415	
3	8	361	15	120	255	19	154	489	13	108	5365	28	226	
4	6	150	6	37	107	8	48	183	5	30	2991	16	94	
5	4	2	0	0	0	0	0	3	0	0	2748	14	58	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			1,0			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				20,5			11,2			26,7			70,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**19,3**			**10,4**			**25,5**			**56,3**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,6			1,9			5,4			23,6	34,4
%Protection Av+Ar										8,6			37,4	**45,9**
%Protection R+S				10,2			5,6							**15,8**
Indice performance														***23,1***

Tableau des résultats

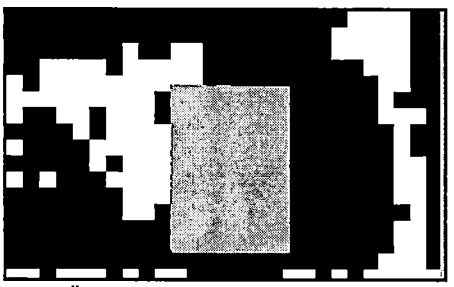
Fh2-BV40ar



site



posterize

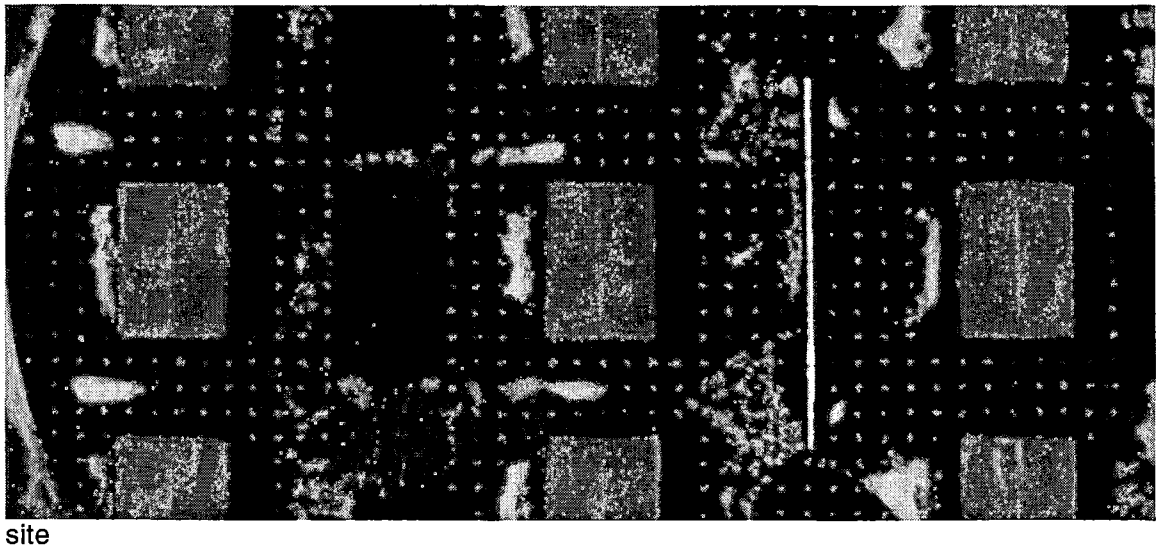


mosaïc

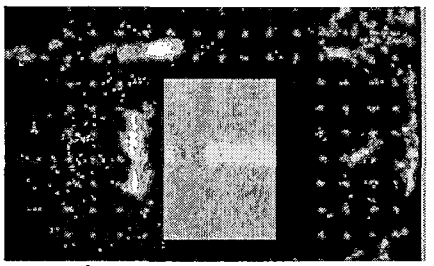
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9552*			*8851*			*10006*			*22391*			
1	0	7077			6088			4917			14952			
2	10	2207	89	892	1873	68	678	2869	56	564	3650	49	491	
3	8	211	9	68	464	17	134	627	12	99	1737	23	187	
4	6	57	2	14	204	7	44	489	10	58	1150	15	93	
5	4	0	0	0	96	3	14	647	13	51	652	9	35	
6	2	0	0	0	126	5	9	457	9	18	250	3	7	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				25,9			31,2			50,9			33,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**25,2**			**27,5**			**40,1**			**27,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				4,7			4,8			7,9			11,9	29,3
%Protection Av+Ar										12,4			18,6	**31,0**
%Protection R+S				13,4			15,0							**28,5**
Indice performance														***9,5***

Tableau des résultats

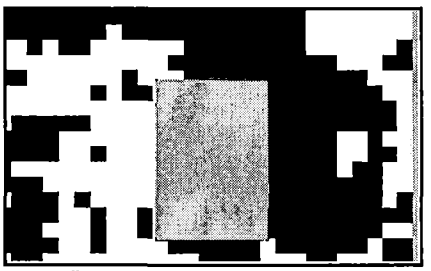
Fh2-BV80ar



site



posterize

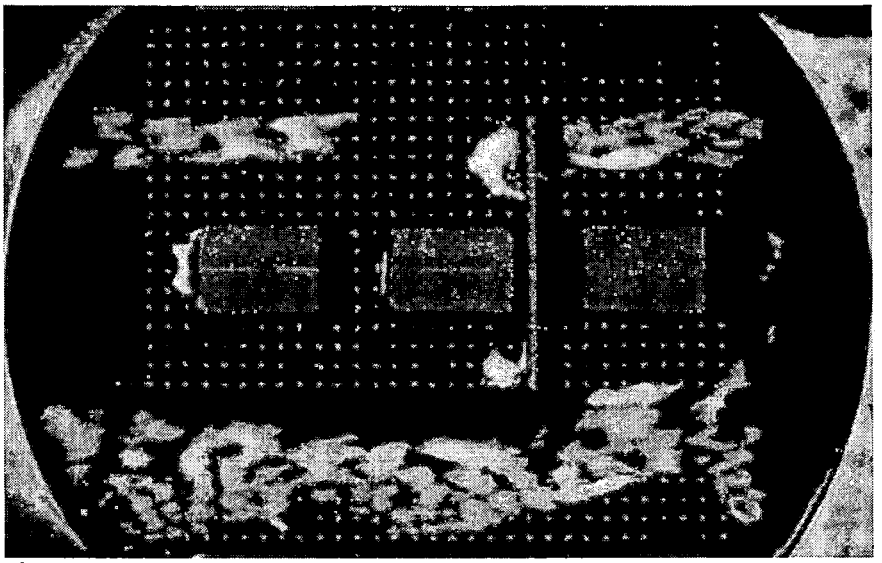


mosaïc

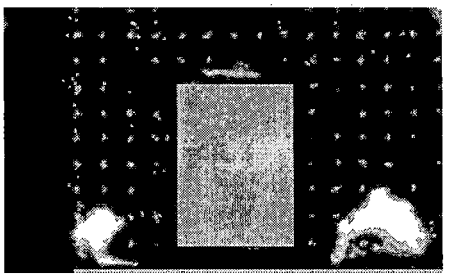
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9752*			*8582*			*9758*			*21578*			
1	0	5739			5175			3294			14396			
2	10	3686	92	919	2349	69	689	5390	83	834	4606	64	641	
3	8	281	7	56	367	11	86	458	7	57	1783	25	199	
4	6	46	1	7	279	8	49	428	7	40	613	9	51	
5	4	0	0	0	236	7	28	188	3	12	180	3	10	
6	2	0	0	0	176	5	10	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				41,2			39,7			66,2			33,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**40,4**			**34,3**			**62,4**			**30,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				7,9			5,9			12,3			13,0	39,1
%Protection Av+Ar										19,4			20,7	**40,1**
%Protection R+S				21,9			18,6							**40,5**
Indice performance														***10,3***

Tableau des résultats

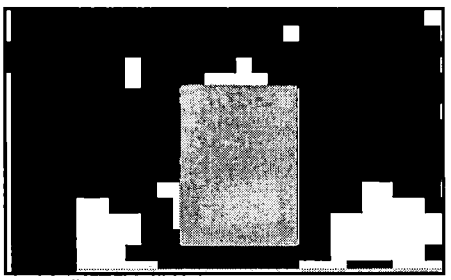
Lh2-BV0I



site



posterize

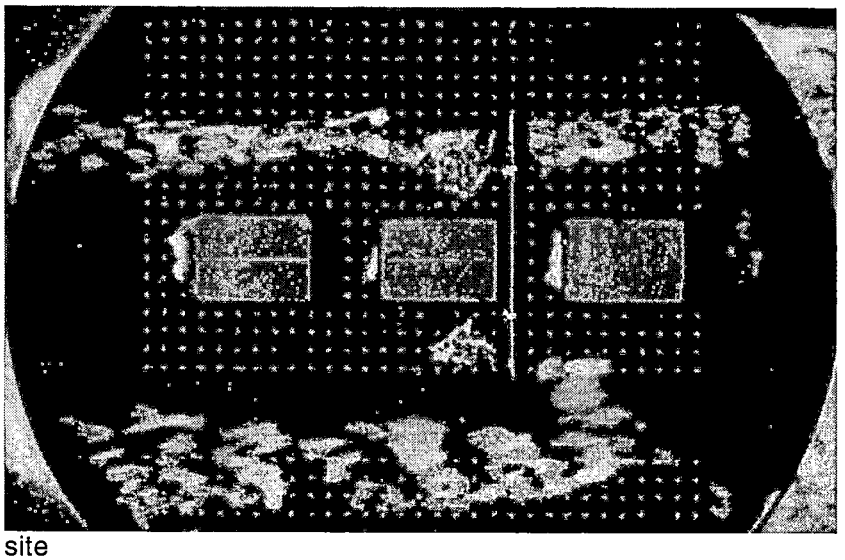


mosaïc

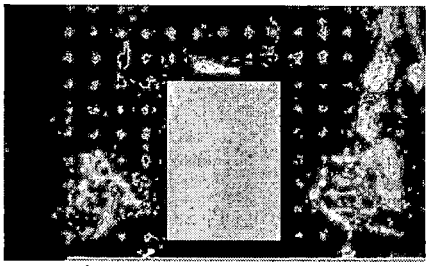
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10591*			*9355*			*10780*			*21752*			
1	0	9595			7282			7551			16022			
2	10	832	84	835	1581	76	763	1724	53	534	2554	45	446	
3	8	104	10	84	296	14	114	395	12	98	792	14	111	
4	6	29	3	17	138	7	40	208	6	39	453	8	47	
5	4	22	2	9	58	3	11	294	9	36	576	10	40	
6	2	9	1	2	0	0	0	608	19	38	1355	24	47	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			0,7			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				9,4			22,2			30,0			26,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**8,9**			**20,6**			**22,3**			**18,2**	
Azp/surf. lot (Azpl)				1,8			3,7			4,6			7,5	17,6
%Protection Av+Ar										7,4			12,2	**19,6**
%Protection R+S				5,0			10,4							**15,4**
Indice performance														***6,3***

Tableau des résultats

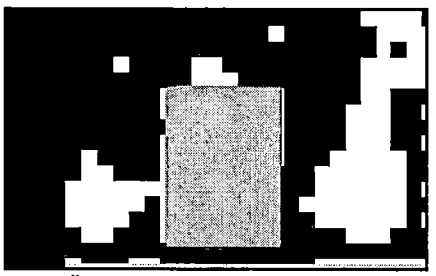
Lh2-BV40I



site



posterize

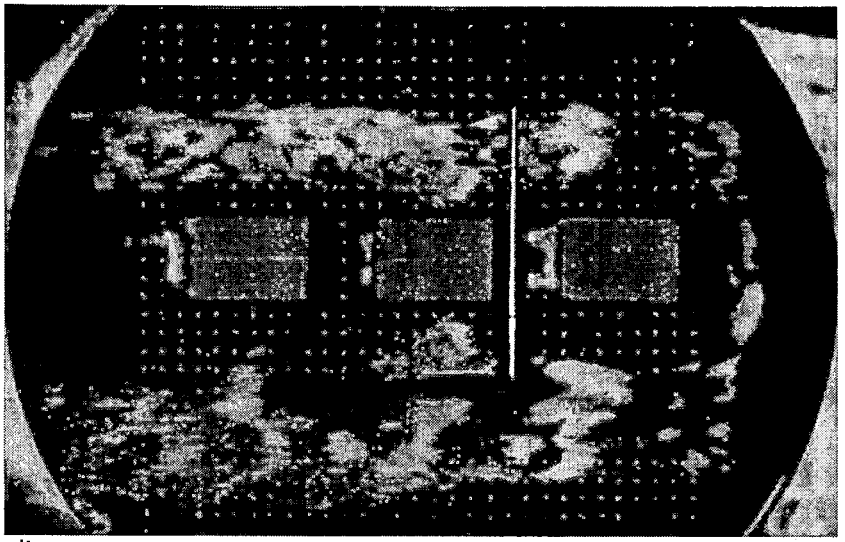


mosaïc

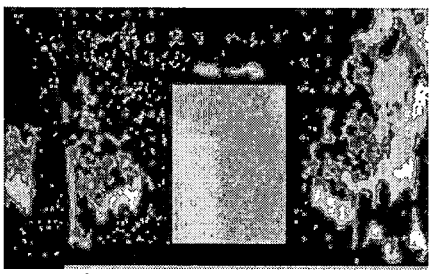
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9950*			*9463*			*10271*			*17990*			
1	0	9526			7770			6426			12155			
2	10	372	88	877	1243	73	734	2239	58	582	2439	42	418	
3	8	42	10	79	199	12	94	719	19	150	1897	33	260	
4	6	4	1	6	94	6	33	562	15	88	1387	24	143	
5	4	6	1	6	108	6	26	295	8	31	112	2	8	
6	2	0	0	0	49	3	6	30	1	2	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				4,3			17,9			37,4			32,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**4,1**			**16,0**			**31,9**			**26,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,9			3,2			6,9			10,1	21,0
%Protection Av+Ar										11,6			17,1	**28,7**
%Protection R+S				2,2			8,7							**10,9**
Indice performance														***12,6***

Tableau des résultats

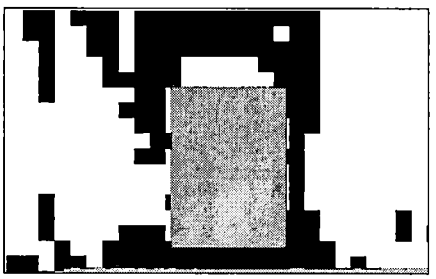
Lh2-BV80I



site



posterize

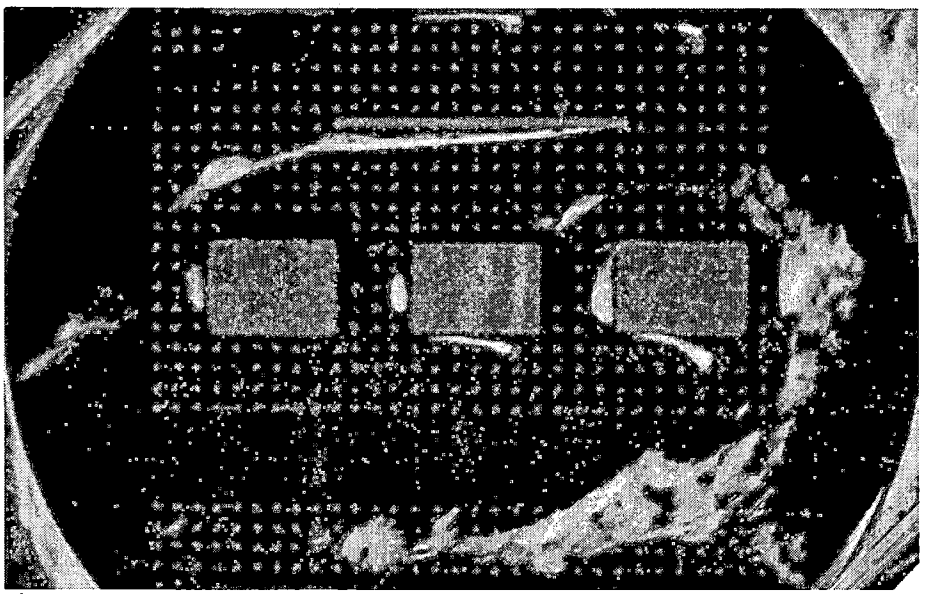


mosaïc

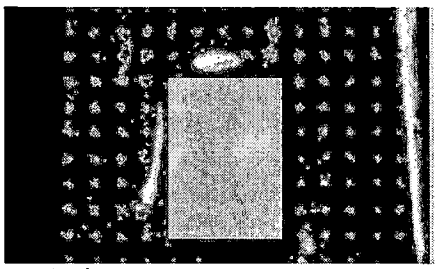
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9557*			*9972*			*11640*			*21996*			
1	0	2937			6116			3691			4969			
2	10	5259	79	794	3312	86	859	4958	62	624	6794	40	399	
3	8	963	15	116	350	9	73	2206	28	222	4697	28	221	
4	6	398	6	36	192	5	30	678	9	51	4910	29	173	
5	4	0	0	0	2	0	0	107	1	5	626	4	15	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			1,0			0,9			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				69,3			38,7			68,3			77,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**65,6**			**37,2**			**61,6**			**62,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				11,8			7,0			13,5			25,9	58,1
%Protection Av+Ar										21,3			40,9	**62,2**
%Protection R+S				33,9			19,7							**53,6**
Indice performance														***19,6***

Tableau des résultats

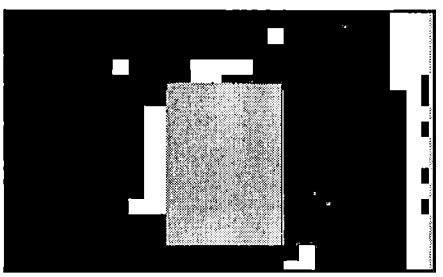
Dh3-BVOar



site



posterize

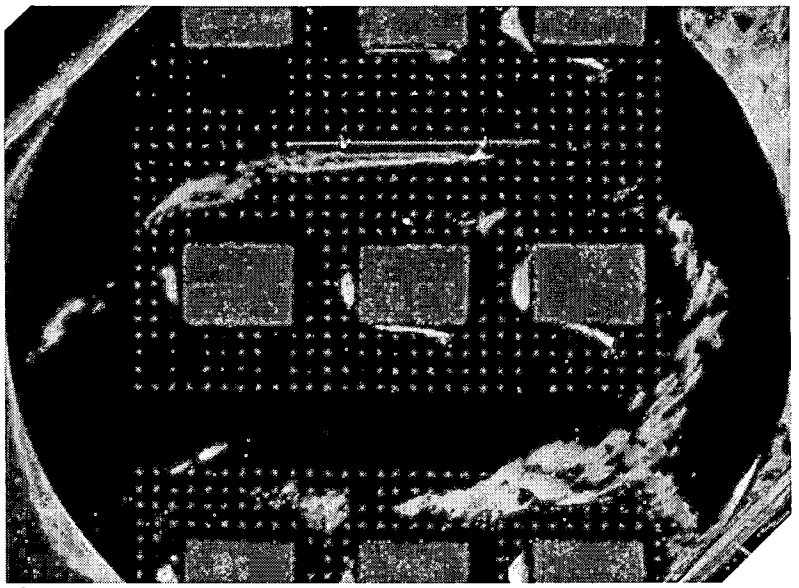


mosaïc

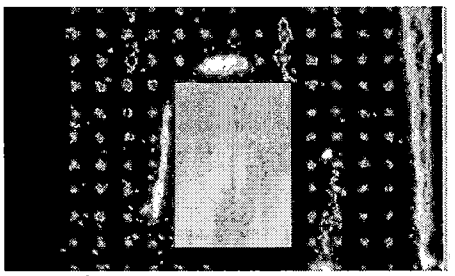
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9751*			*8635*			*10871*			*4937*			
1	0	9537			6846			8472			175			
2	10	174	81	813	1122	63	627	1490	62	621	2070	43	435	
3	8	40	19	150	232	13	104	412	17	137	792	17	133	
4	6	0	0	0	84	5	28	191	8	48	558	12	70	
5	4	0	0	0	166	9	37	176	7	29	716	15	60	
6	2	0	0	0	185	10	21	130	5	11	626	13	26	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,8			0,7	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,2			20,7			22,1			96,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**2,1**			**16,9**			**18,7**			**69,9**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,6			4,3			5,9			10,1	20,9
%Protection Av+Ar										12,8			21,8	**34,7**
%Protection R+S				1,2			9,7							**10,9**
Indice performance														***10,2***

Tableau des résultats

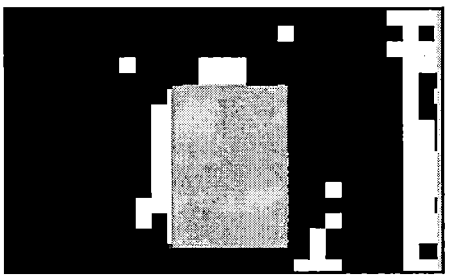
Dh3-BV40ar



site



posterize

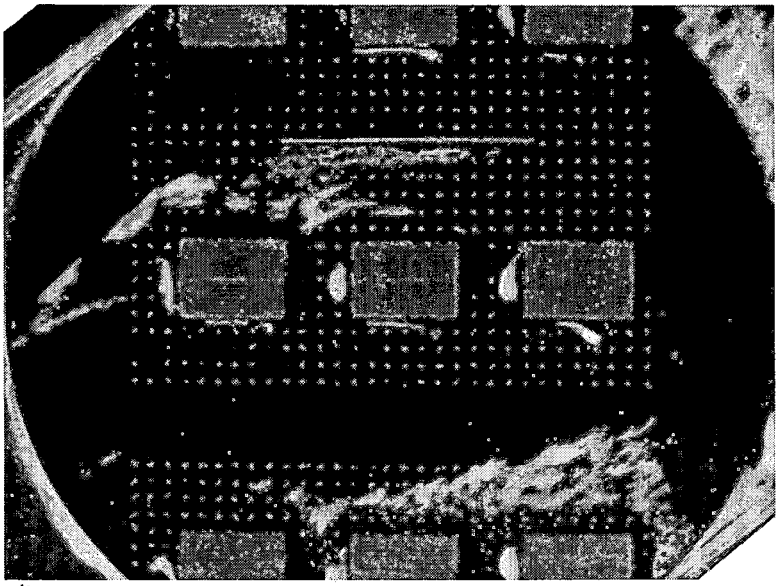


mosaïc

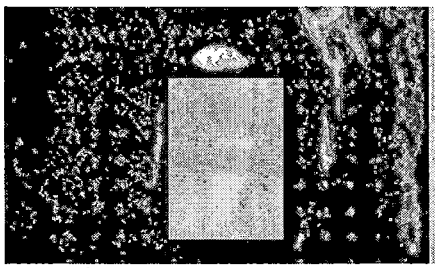
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9650*			*9068*			*10646*			*22596*			
1	0	9435			7063			8307			16744			
2	10	185	86	860	1334	67	665	1420	61	607	2322	40	397	
3	8	30	14	112	241	12	96	390	17	133	1236	21	169	
4	6	0	0	0	93	5	28	193	8	50	1146	20	117	
5	4	0	0	0	158	8	32	243	10	42	890	15	61	
6	2	0	0	0	179	9	18	93	4	8	258	4	9	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,8			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,2			22,1			22,0			25,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**2,2**			**18,5**			**18,4**			**19,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			3,2			3,8			8,5	15,9
%Protection Av+Ar										5,9			13,3	**19,2**
%Protection R+S				1,1			10,7							**11,9**
Indice performance														***8,0***

Tableau des résultats

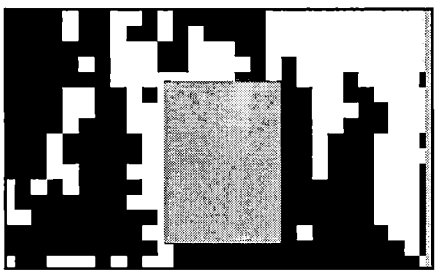
Dh3-BV80ar



site



posterize

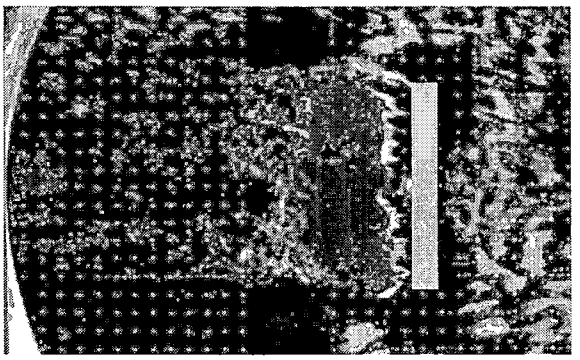


mosaïc

Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9849*			*8744*			*10508*			*22284*			
1	0	7673			4585			6372			10459			
2	10	2168	##	996	3261	78	784	3524	85	852	6023	51	509	
3	8	8	0	3	261	6	50	457	11	88	3349	28	227	
4	6	0	0	0	131	3	19	137	3	20	2008	17	102	
5	4	0	0	0	290	7	28	18	0	2	445	4	15	
6	2	0	0	0	216	5	10	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				22,1			47,6			39,4			53,1	
Az pond./Ipa (Azp)				**22,1**			**42,4**			**37,9**			**45,3**	
Azp/surf. lot (Azpl)				4,2			7,2			7,7			19,6	38,8
%Protection Av+Ar										12,1			30,8	**42,9**
%Protection R+S				11,7			22,4							**34,1**
Indice performance														***15,0***

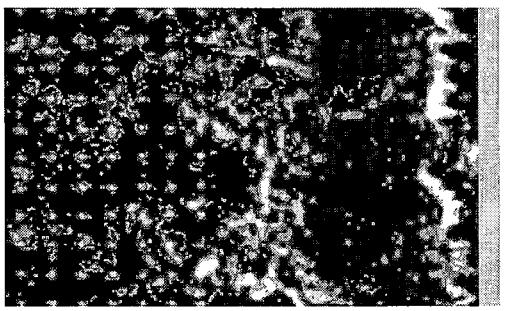
Tableau des résultats

Fh2-H3iso

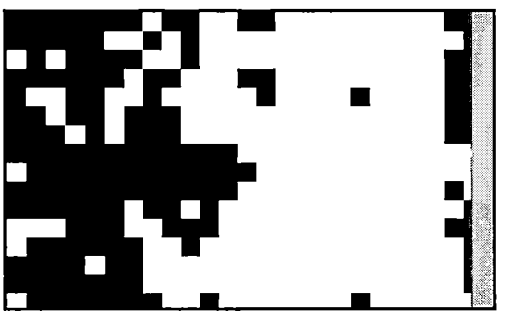


posterize 6.s

mosaïc 6.s



posterize 5.l

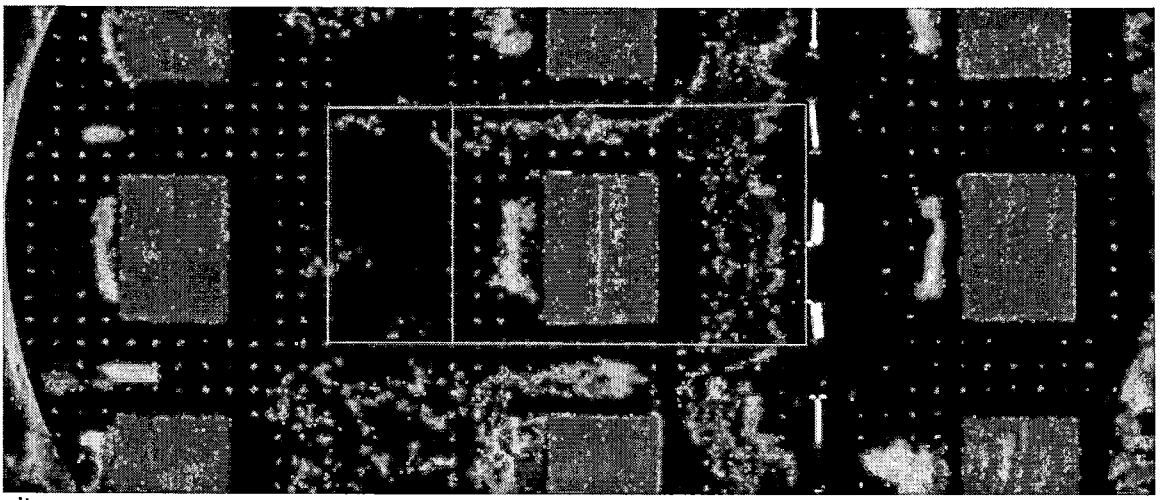


mosaïc 5.l

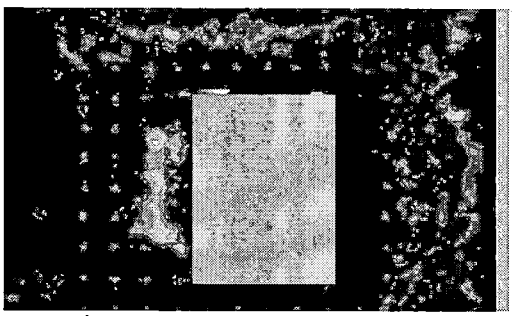
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10404*			*9450*			*12096*			*25219*			
1	0	7094			4652			7408			2877			
2	10	2616	79	790	3534	74	737	3356	72	716	17450	78	781	
3	8	571	17	138	980	20	163	873	19	149	2672	12	96	
4	6	121	4	22	245	5	31	366	8	47	1100	5	30	
5	4	2	0	0	39	1	3	93	2	8	1120	5	20	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				31,8			50,8			38,8			88,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**30,2**			**47,4**			**35,6**			**82,1**	
Azp/surf. lot (Azpl)				5,5			7,8			7,5			36,2	57,1
%Protection Av+Ar										11,6			55,5	**67,0**
%Protection R+S				16,7			24,2							**40,8**
Indice performance														***29,6***

Tableau des résultats

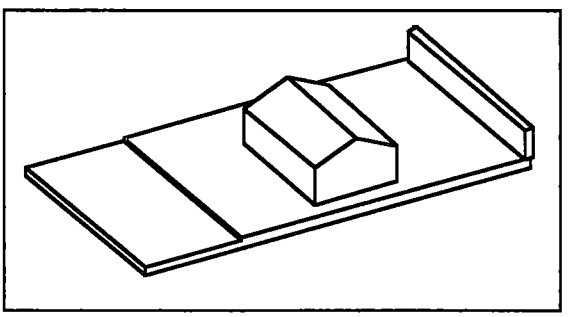
Fh2-H3/60ar

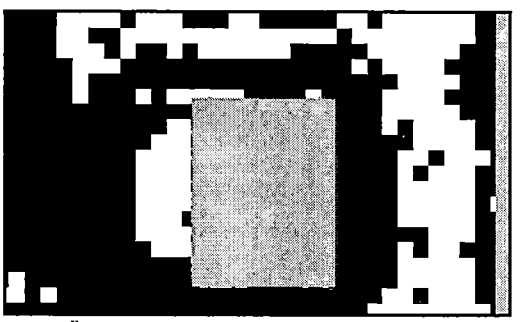


site



posterize



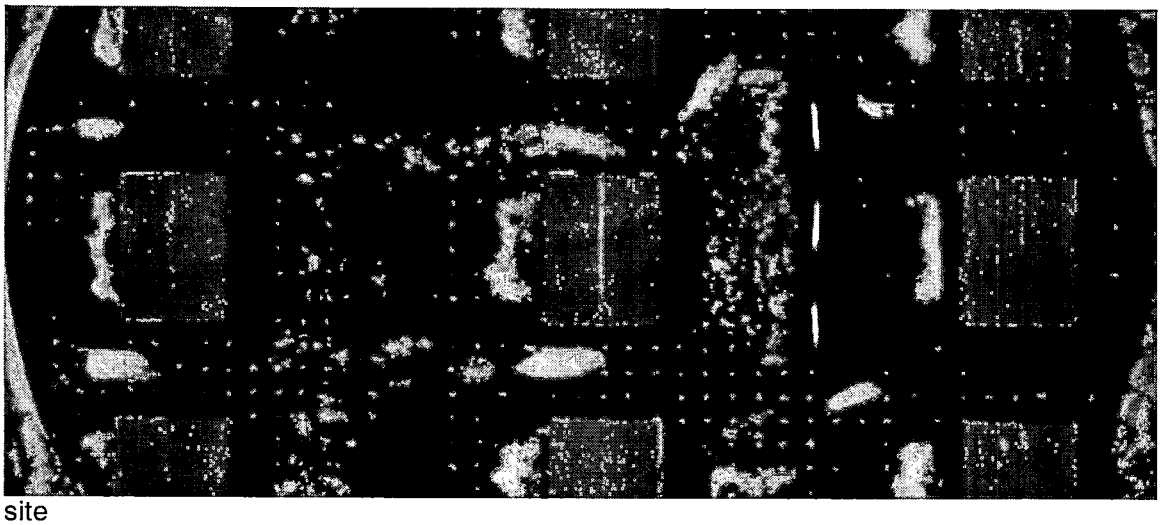


mosaïc

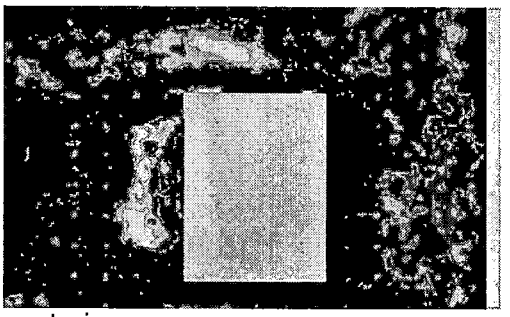
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*24800*			*12800*			*13766*			*28310*			
1	0	22177			7108			8919			15286			
2	10	2121	81	809	3349	59	588	2138	44	441	9986	77	767	
3	8	403	15	123	1814	32	255	1096	23	181	2542	20	156	
4	6	88	3	20	492	9	52	1014	21	126	493	4	23	
5	4	11	0	2	21	0	1	584	12	48	3	0	0	
6	2	0	0	0	16	0	1	15	0	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,8			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				10,6			44,5			35,2			46,0	
Az pond./Ipa (Azp)				**10,1**			**39,9**			**28,0**			**43,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,1			6,4			4,8			15,5	29,9
%Protection Av+Ar										9,2			29,3	**38,4**
%Protection R+S				7,0			15,1							**22,1**
Indice performance														***9,9***

Tableau des résultats

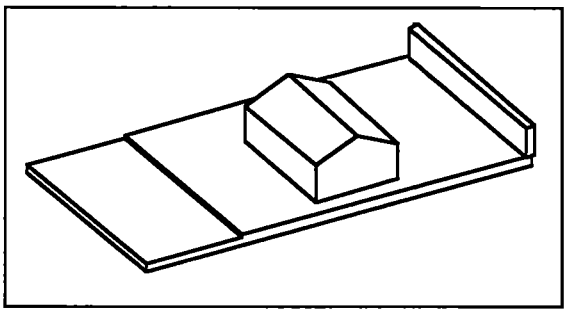
Fh2-H3/20ar

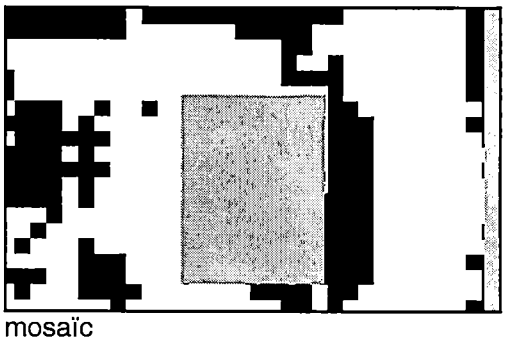


site



posterize



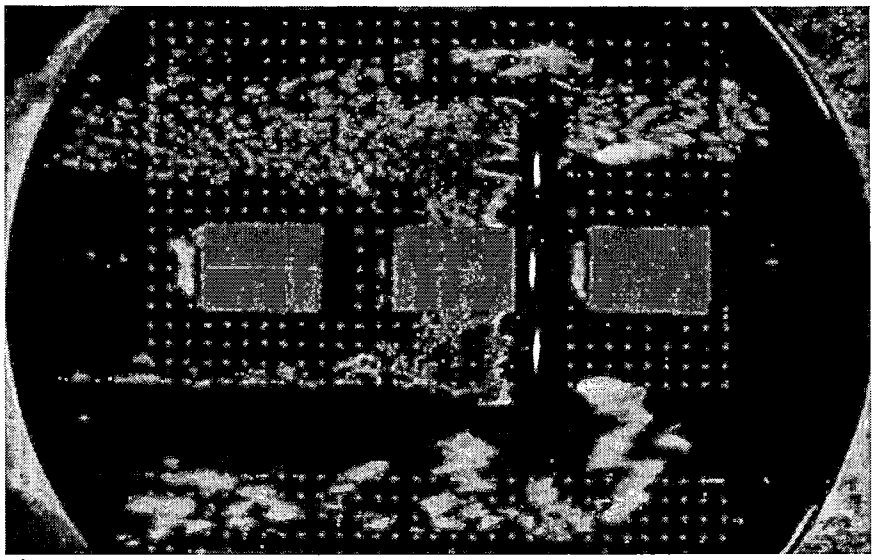


mosaïc

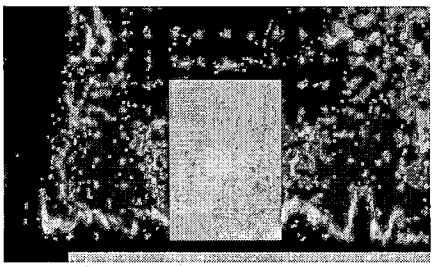
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*14516*			*17910*			*28666*			
1	0	7331			4737			5773			9190			
2	10	5357	84	843	5758	59	589	8312	68	685	12081	62	620	
3	8	728	11	92	1965	20	161	1780	15	117	6236	32	256	
4	6	256	4	24	1525	16	94	1386	11	69	1131	6	35	
5	4	16	0	1	527	5	22	659	5	22	28	0	1	
6	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				46,4			67,4			67,8			67,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**44,6**			**58,3**			**60,5**			**62,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				8,2			11,3			14,5			23,7	57,7
%Protection Av+Ar										23,3			38,1	**61,4**
%Protection R+S				22,5			34,7							**57,2**
Indice performance														***16,7***

Tableau des résultats

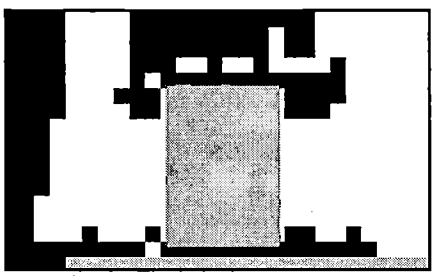
Lh2-H3/28I



site



posterize

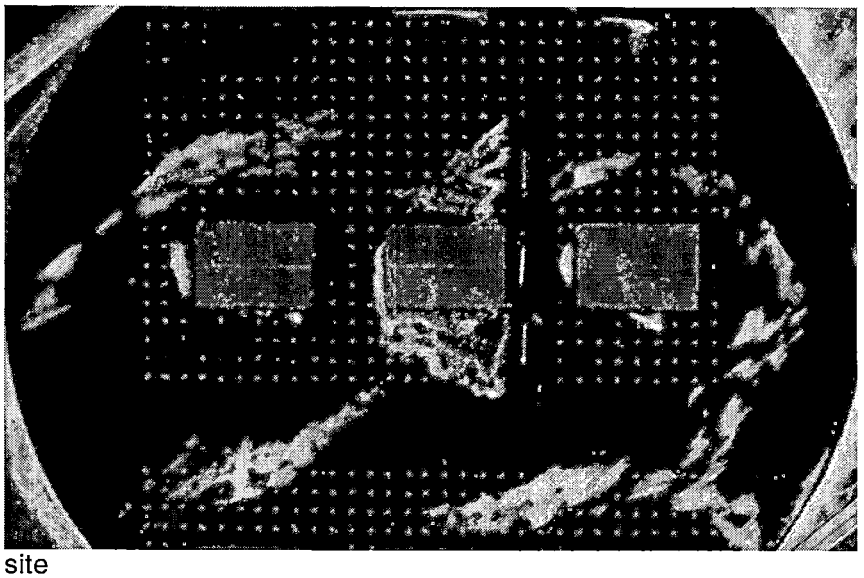


mosaïc

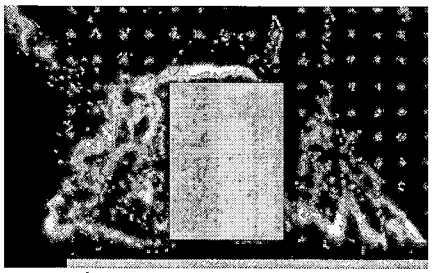
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9841*			*9401*			*9952*			*22268*			
1	0	8230			5883			2418			5002			
2	10	1050	65	652	2374	67	675	5251	70	697	10236	59	593	
3	8	293	18	145	651	19	148	1638	22	174	4703	27	218	
4	6	126	8	47	356	10	61	525	7	42	1792	10	62	
5	4	120	7	30	128	4	15	114	2	6	479	3	11	
6	2	22	1	3	9	0	1	6	0	0	56	0	1	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				16,4			37,4			75,7			77,5	
Az pond./Ipa (Azp)				**14,4**			**33,6**			**69,6**			**68,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				2,7			6,1			13,5			29,7	52,0
%Protection Av+Ar										21,5			47,4	**68,9**
%Protection R+S				8,4			18,3							**26,7**
Indice performance														***33,2***

Tableau des résultats

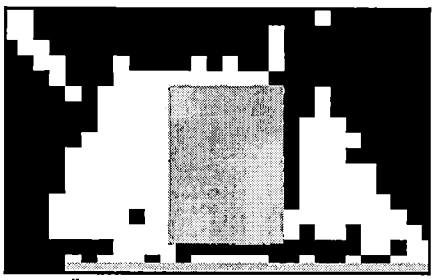
Dh3-H3/28I



site



posterize

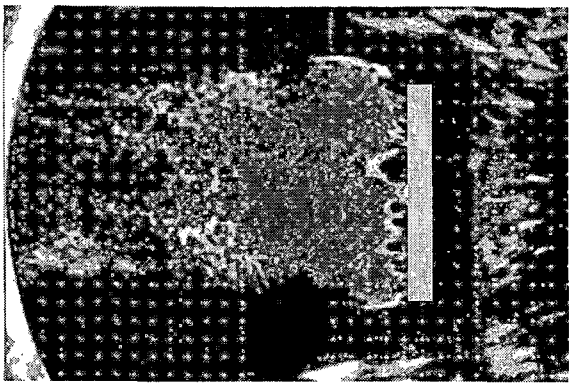


mosaïc

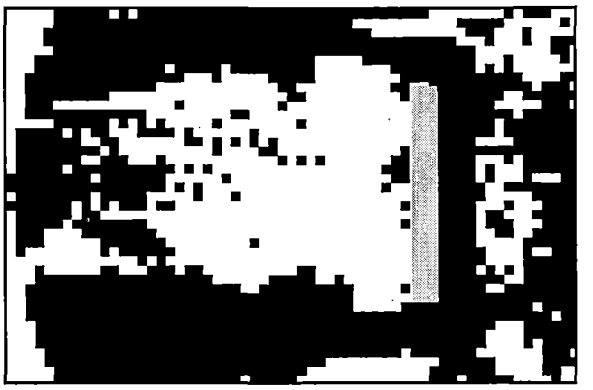
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10434*			*9790*			*10760*			*22031*			
1	0	8099			6736			2184			14188			
2	10	1120	48	480	1724	56	565	3369	39	393	3992	51	509	
3	8	454	19	156	465	15	122	2123	25	198	2070	26	211	
4	6	446	19	115	329	11	65	1887	22	132	981	13	75	
5	4	249	11	43	354	12	46	1052	12	49	584	7	30	
6	2	66	3	6	182	6	12	145	2	3	216	3	6	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			0,8			0,8	
% Acc. / surf. zone (Az)				22,4			31,2			79,7			35,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**17,9**			**25,2**			**61,8**			**29,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,5			4,7			12,5			12,3	33,0
%Protection Av+Ar										20,3			19,9	**40,1**
%Protection R+S				11,5			15,1							**26,6**
Indice performance														***14,7***

Tableau des résultats

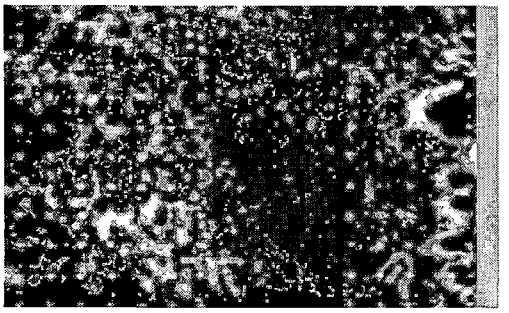
Fh2-H6iso



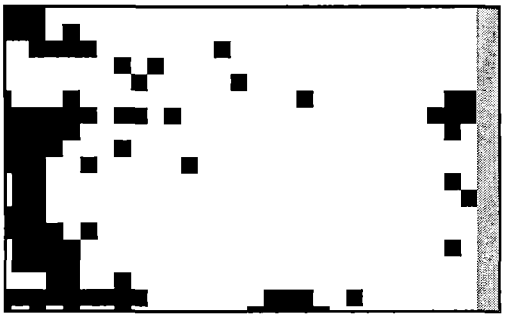
posterize 6.s



mosaïc 6.s



posterize 5.l

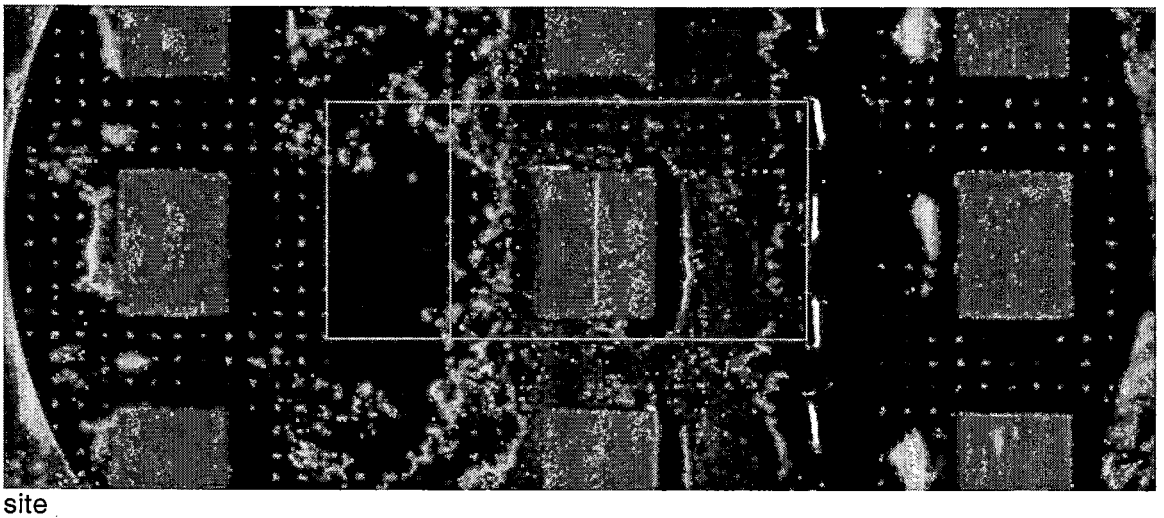


mosaïc 5.l

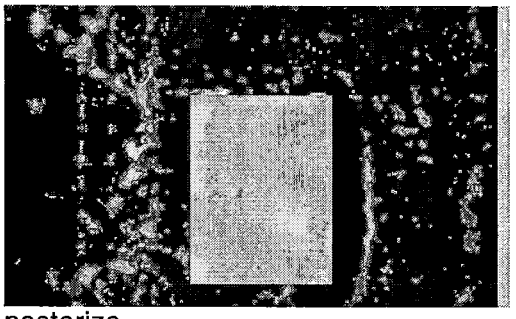
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13688*			*13608*			*16366*			*30097*			
1	0	7294			3219			3799			3348			
2	10	4031	63	630	7639	74	735	6890	55	548	19159	72	716	
3	8	1568	25	196	2017	19	155	3326	26	212	4656	17	139	
4	6	645	10	61	636	6	37	1638	13	78	1667	6	37	
5	4	150	2	9	97	1	4	713	6	23	1267	5	19	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				46,7			76,3			76,8			88,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**41,9**			**71,1**			**66,1**			**81,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				7,8			13,1			14,7			33,1	68,6
%Protection Av+Ar										23,3			52,5	**75,8**
%Protection R+S				23,4			38,1							**61,5**
Indice performance														***25,0***

Tableau des résultats

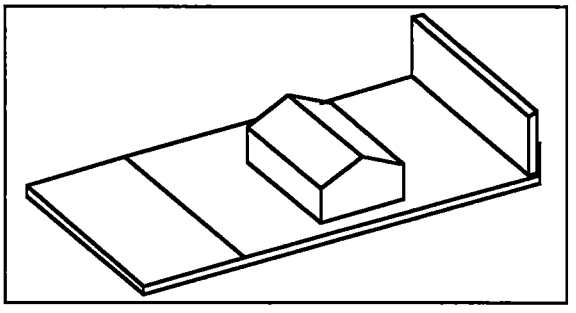
Fh2-H6/60ar

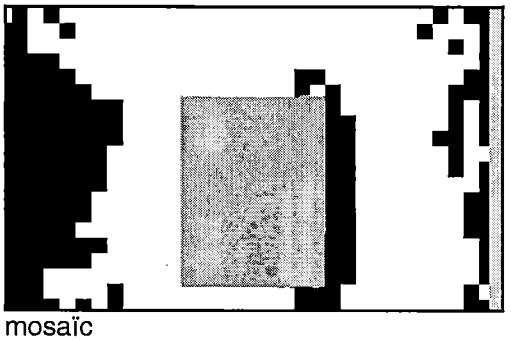


site



posterize



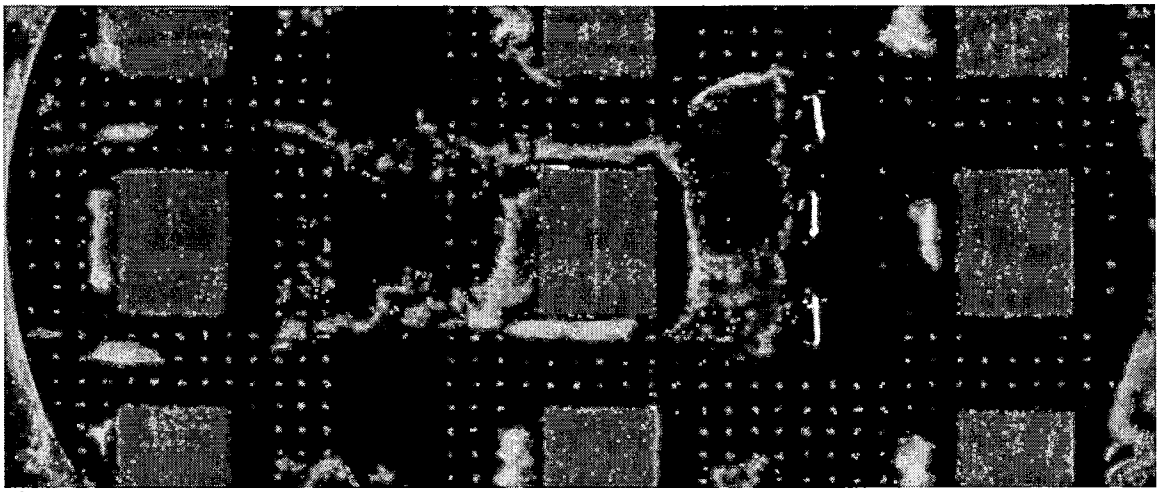


mosaïc

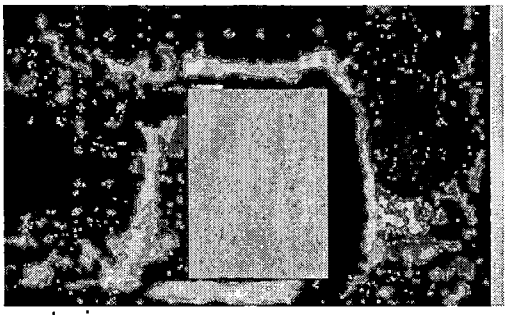
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*12671*			*13690*			*29012*			
1	0	11508			1491			3369			8319			
2	10	1500	62	621	9059	81	810	6872	67	666	18321	89	885	
3	8	626	26	207	1617	14	116	2532	25	196	2054	10	79	
4	6	245	10	61	416	4	22	791	8	46	304	1	9	
5	4	45	2	7	81	1	3	123	1	5	14	0	0	
6	2	0	0	0	7	0	0	3	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			1,0			0,9			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				17,4			88,2			75,4			71,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**15,6**			**83,9**			**68,8**			**69,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				3,1			15,3			13,6			29,1	61,2
%Protection Av+Ar										22,1			47,2	**69,3**
%Protection R+S				9,1			42,0							**51,1**
Indice performance														***23,1***

Tableau des résultats

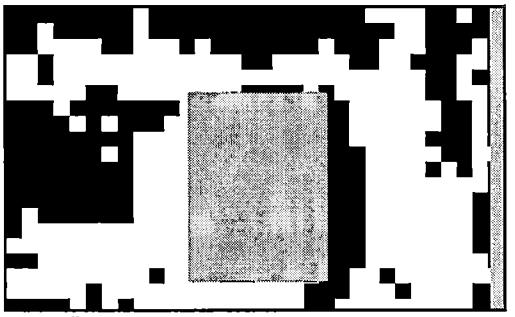
Fh2-H6/20ar



site



posterize

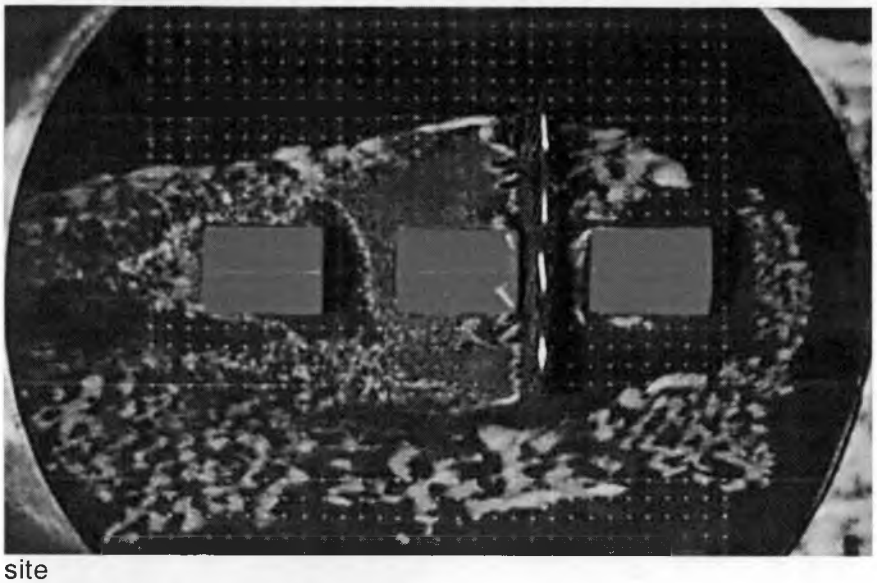


mosaïc

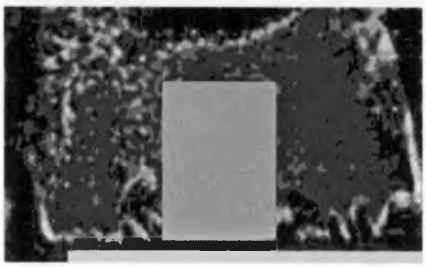
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14160*			*13948*			*18437*			*29024*			
1	0	8644			7283			7730			11197			
2	10	3852	70	698	3335	50	500	5190	48	485	12211	68	685	
3	8	1223	22	177	1543	23	185	2286	21	171	3690	21	166	
4	6	415	8	45	1468	22	132	1982	19	111	1540	9	52	
5	4	26	0	2	311	5	19	1249	12	47	383	2	9	
6	2	0	0	0	8	0	0	0	0	0	3	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,8			0,8			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				39,0			47,8			58,1			61,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**35,9**			**40,0**			**47,2**			**56,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				6,7			7,4			11,5			21,5	47,1
%Protection Av+Ar										18,3			34,2	**52,6**
%Protection R+S				19,6			23,7							**43,3**
Indice performance														***16,9***

Tableau des résultats

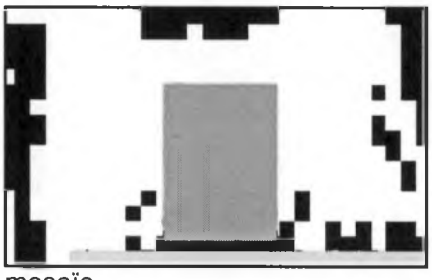
Lh2-H6/28I



site



posterize

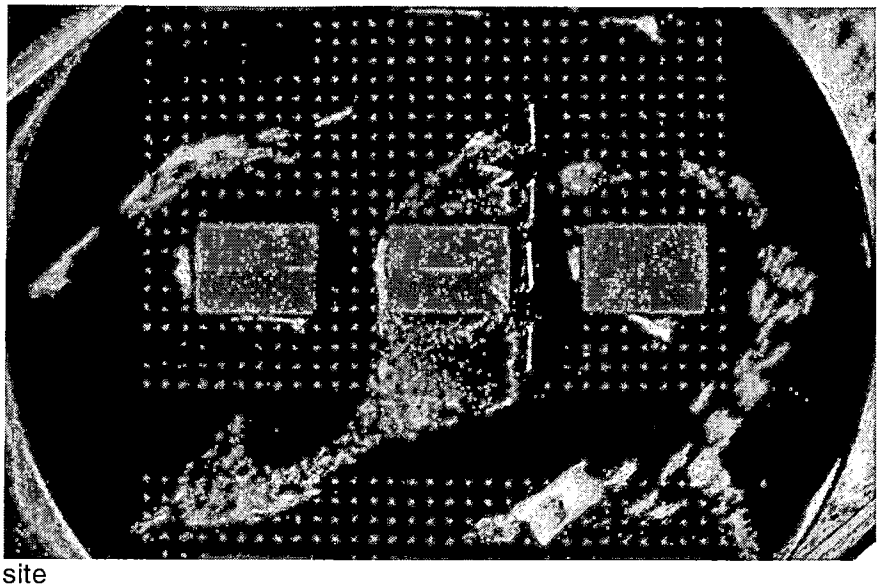


mosaïc

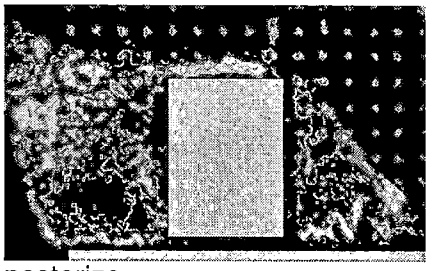
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10433*			*9392*			*9632*			*21276*			
1	0	4860			2301			964			4923			
2	10	3737	67	671	4106	58	579	5967	69	688	12739	78	779	
3	8	1162	21	167	2162	30	244	1982	23	183	1994	12	98	
4	6	576	10	62	755	11	64	673	8	47	1169	7	43	
5	4	93	2	7	67	1	4	46	1	2	425	3	10	
6	2	5	0	0	1	0	0	0	0	0	26	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				53,4			75,5			90,0			76,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**48,4**			**67,2**			**82,8**			**71,5**	
Azp/surf. lot (Azpl)				10,0			12,4			15,7			30,0	68,1
%Protection Av+Ar										25,8			49,2	**75,0**
%Protection R+S				28,1			35,8							**63,9**
Indice performance														***20,7***

Tableau des résultats

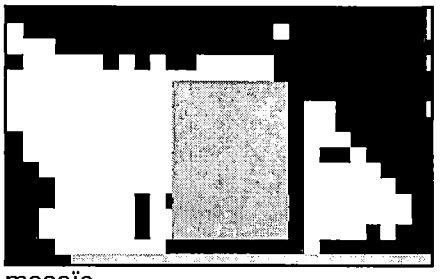
Dh3-H6/28I



site



posterize

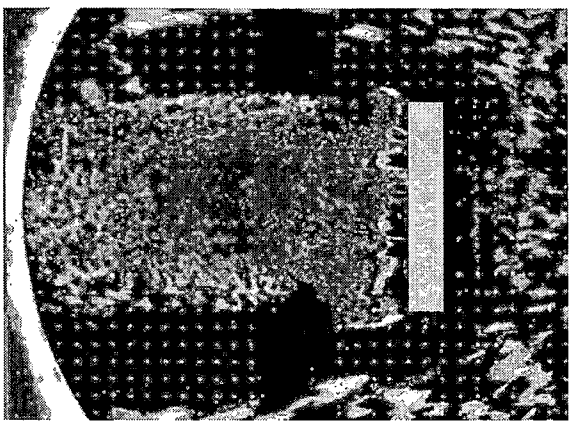


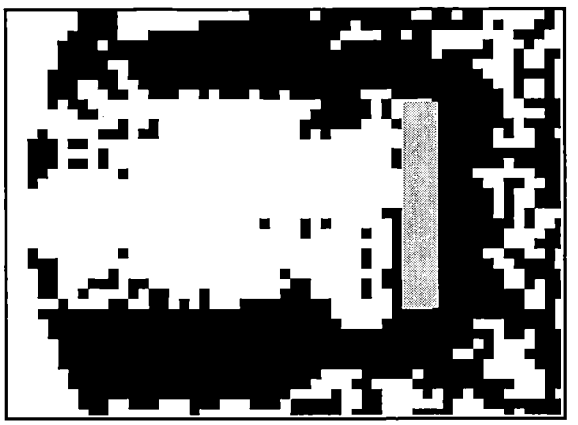
mosaïc

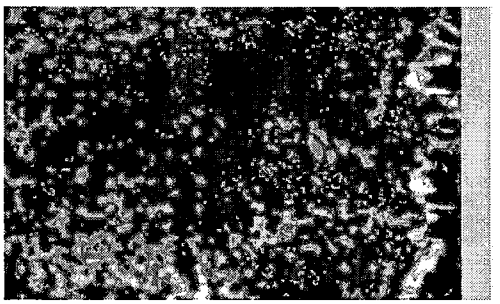
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9735*			*9460*			*10931*			*20896*			
1	0	4268			6362			1589			14241			
2	10	2841	52	520	1474	48	476	6775	73	725	4767	72	716	
3	8	1300	24	190	661	21	171	1945	21	167	1149	17	138	
4	6	1021	19	112	637	21	123	566	6	36	457	7	41	
5	4	305	6	22	283	9	37	56	1	2	248	4	15	
6	2	0	0	0	43	1	3	0	0	0	34	1	1	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,8			0,8			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				56,2			32,7			85,5			31,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**47,4**			**26,5**			**79,5**			**29,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				9,0			4,9			17,0			11,9	42,9
%Protection Av+Ar										27,3			19,1	**46,4**
%Protection R+S				28,5			16,1							**44,6**
Indice performance														***12,1***

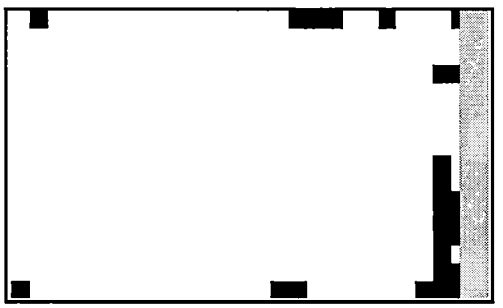
Tableau des résultats

Fh2-H9iso


posterize 6.s


mosaïc 6.s

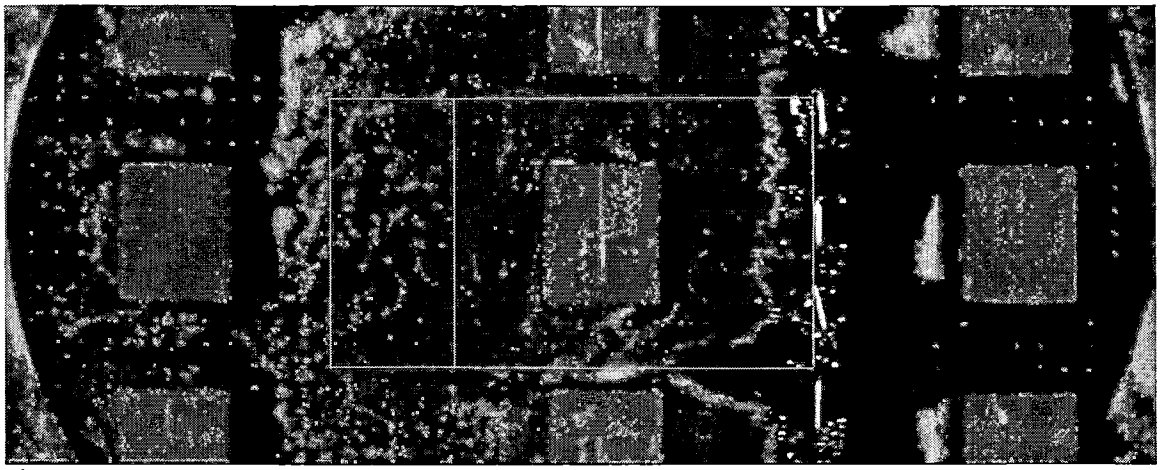

posterize 5.l


mosaïc 5.l

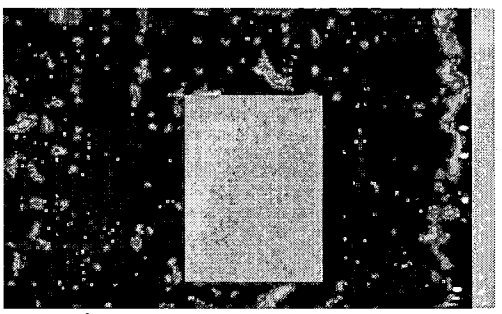
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*10971*			*10032*			*12528*			*22980*			
1	0	1275			810			355			4634			
2	10	6791	70	700	8133	88	882	8736	72	718	13339	73	727	
3	8	2423	25	200	1015	11	88	2599	21	171	3334	18	145	
4	6	470	5	29	70	1	5	676	6	33	1151	6	38	
5	4	12	0	0	4	0	0	162	1	5	522	3	11	
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			1,0			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				88,4			91,9			97,2			79,8	
Az pond./Ipa (Azp)				**82,2**			**89,6**			**90,1**			**73,6**	
Azp/surf. lot (Azpl)				16,0			15,9			20,0			29,9	81,7
%Protection Av+Ar										31,8			47,6	**79,4**
%Protection R+S				46,2			43,9							**90,1**
Indice performance														***16,4***

Tableau des résultats

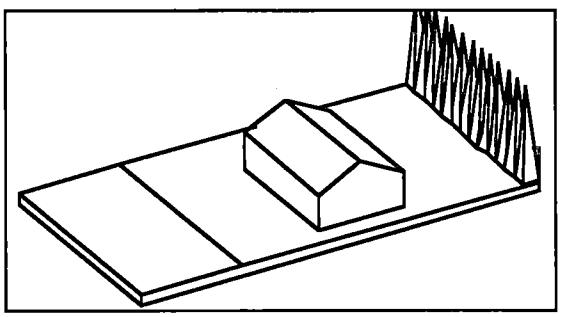
Fh2-H9/60ar

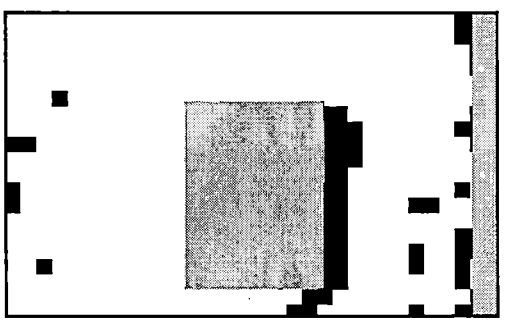


site



posterize



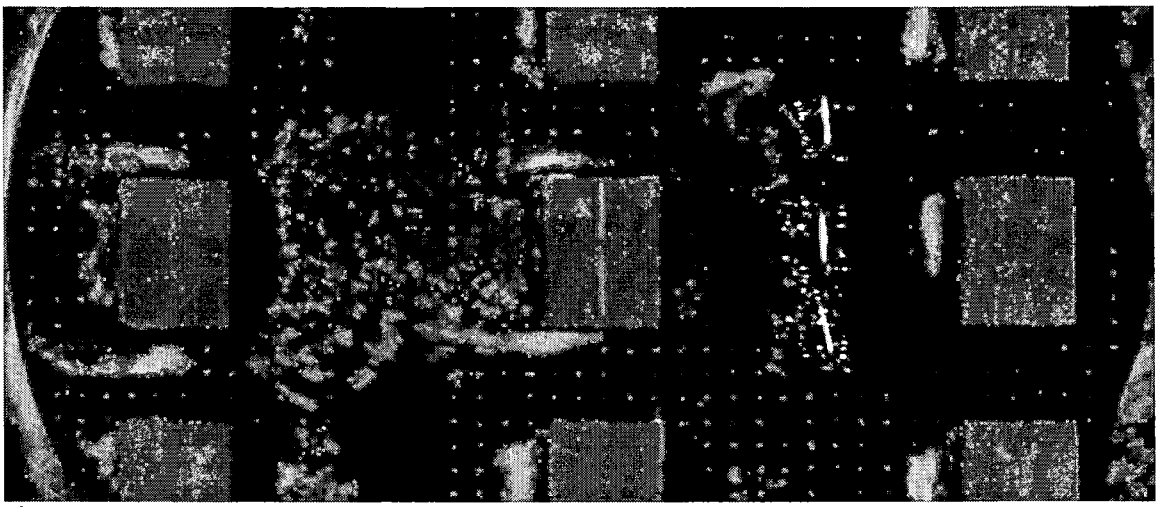


mosaïc

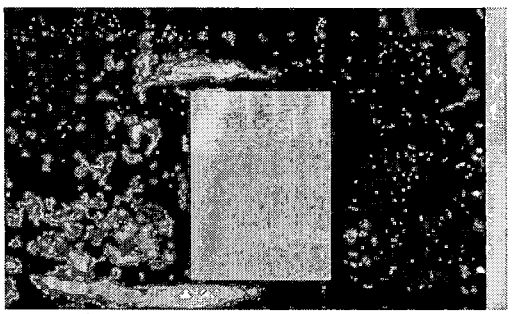
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*12980*			*12216*			*12701*			*27136*			
1	0	2358			582			464			6272			
2	10	9265	87	872	10569	91	908	11787	96	963	18098	87	867	
3	8	1230	12	93	968	8	67	445	4	29	1920	9	74	
4	6	127	1	7	76	1	4	5	0	0	740	4	21	
5	4	0	0	0	17	0	1	0	0	0	66	0	1	
6	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	40	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			1,0			1,0			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				81,8			95,2			96,3			76,9	
Az pond./Ipa (Azp)				**79,5**			**93,3**			**95,6**			**74,1**	
Azp/surf. lot (Azpl)				15,9			17,5			18,7			30,9	83,0
%Protection Av+Ar										30,5			50,5	**81,0**
%Protection R+S				42,2			46,2							**88,3**
Indice performance														***15,4***

Tableau des résultats

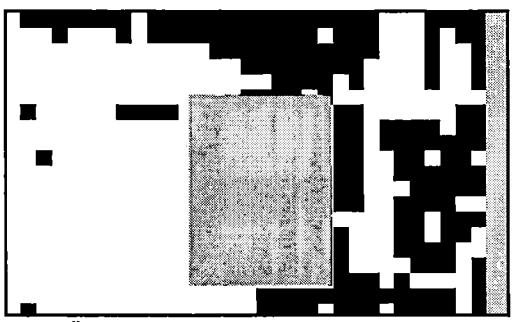
Fh2-H9/20ar



site



posterize

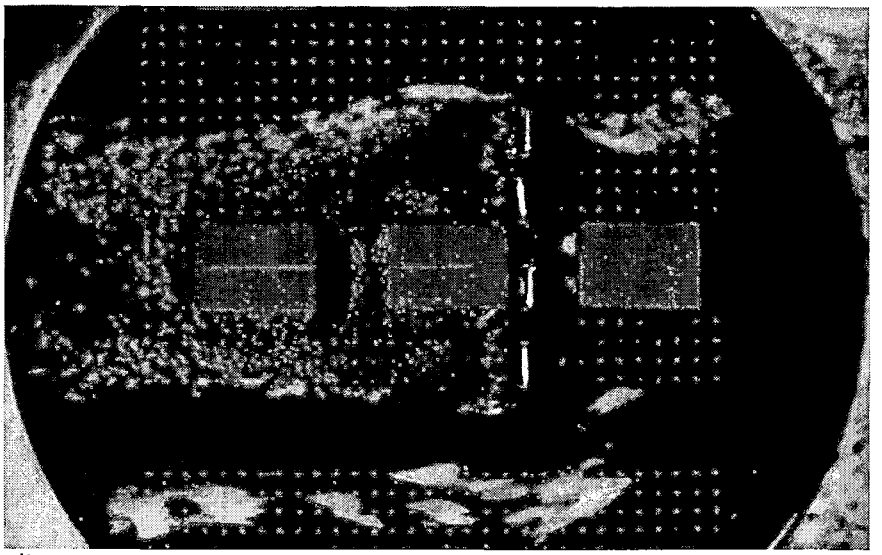


mosaïc

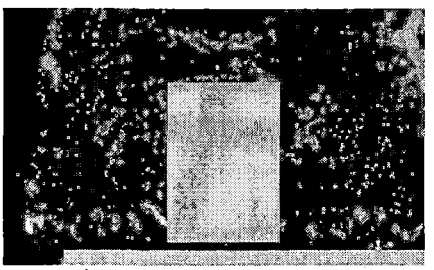
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*13924*			*13111*			*18056*			*27608*			
1	0	2122			6230			1167			15852			
2	10	8785	74	744	4865	71	707	9776	58	579	10865	92	924	
3	8	2389	20	162	1235	18	144	4862	29	230	764	6	52	
4	6	625	5	32	561	8	49	1883	11	67	80	1	4	
5	4	3	0	0	220	3	13	336	2	8	24	0	1	
6	2	0	0	0	0	0	0	32	0	0	23	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,9			0,9			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				84,8			52,5			93,5			42,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**79,5**			**47,9**			**82,7**			**41,8**	
Azp/surf. lot (Azpl)				15,2			8,6			20,5			15,9	60,3
%Protection Av+Ar										32,7			25,3	**58,0**
%Protection R+S				43,7			25,5							**69,1**
Indice performance														***10,7***

Tableau des résultats

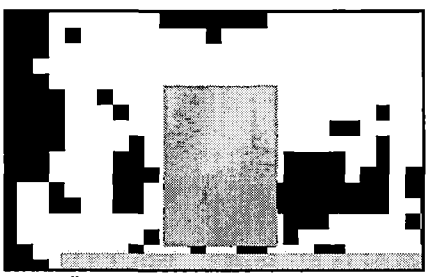
Lh2-H9/28I



site



posterize

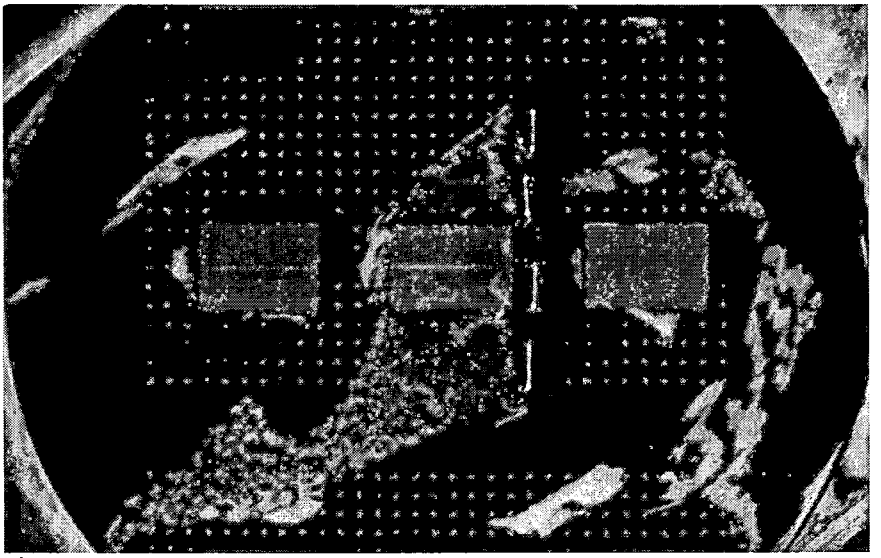


mosaïc

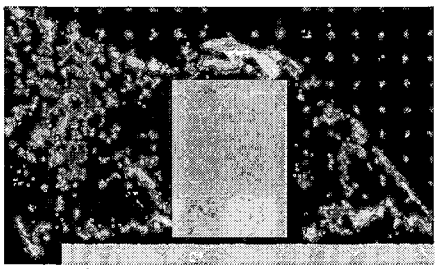
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9703*			*9126*			*9929*			*21014*			
1	0	6782			2159			3010			6454			
2	10	2202	75	754	5796	83	832	6006	87	868	11959	82	821	
3	8	414	14	113	1048	15	120	767	11	89	1611	11	89	
4	6	220	8	45	123	2	11	118	2	10	828	6	34	
5	4	57	2	8	0	0	0	25	0	1	155	1	4	
6	2	28	1	2	0	0	0	3	0	0	7	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			1,0			1,0			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				30,1			76,3			69,7			69,3	
Az pond./Ipa (Azp)				**27,8**			**73,5**			**67,5**			**65,7**	
Azp/surf. lot (Azpl)				5,4			13,5			13,5			27,7	60,1
%Protection Av+Ar										21,7			44,6	**66,3**
%Protection R+S				15,5			37,0							**52,5**
Indice performance														***21,3***

Tableau des résultats

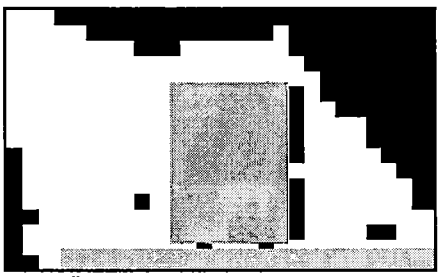
Dh3-H9/28I



site



posterize

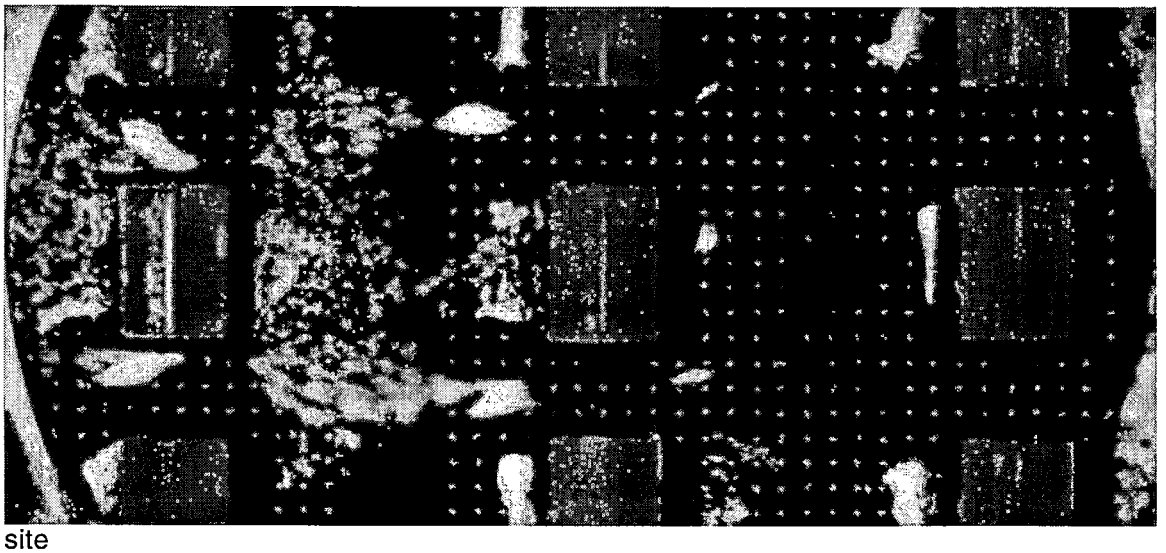


mosaïc

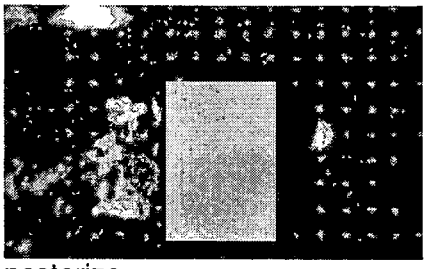
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9536*			*9911*			*10832*			*20675*			
1	0	1637			4286			509			11959			
2	10	4944	63	626	2680	48	476	7710	75	747	6194	71	711	
3	8	2417	31	245	1663	30	237	2183	21	169	1918	22	176	
4	6	521	7	40	780	14	83	386	4	22	512	6	35	
5	4	17	0	1	442	8	31	34	0	1	92	1	4	
6	2	0	0	0	60	1	2	10	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,8			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				82,8			56,8			95,3			42,2	
Az pond./Ipa (Azp)				**75,5**			**47,1**			**89,6**			**39,0**	
Azp/surf. lot (Azpl)				14,1			9,2			19,0			15,8	58,2
%Protection Av+Ar										30,8			25,6	**56,4**
%Protection R+S				40,6			28,9							**69,5**
Indice performance														***8,3***

Tableau des résultats

Fh2-3Far



site



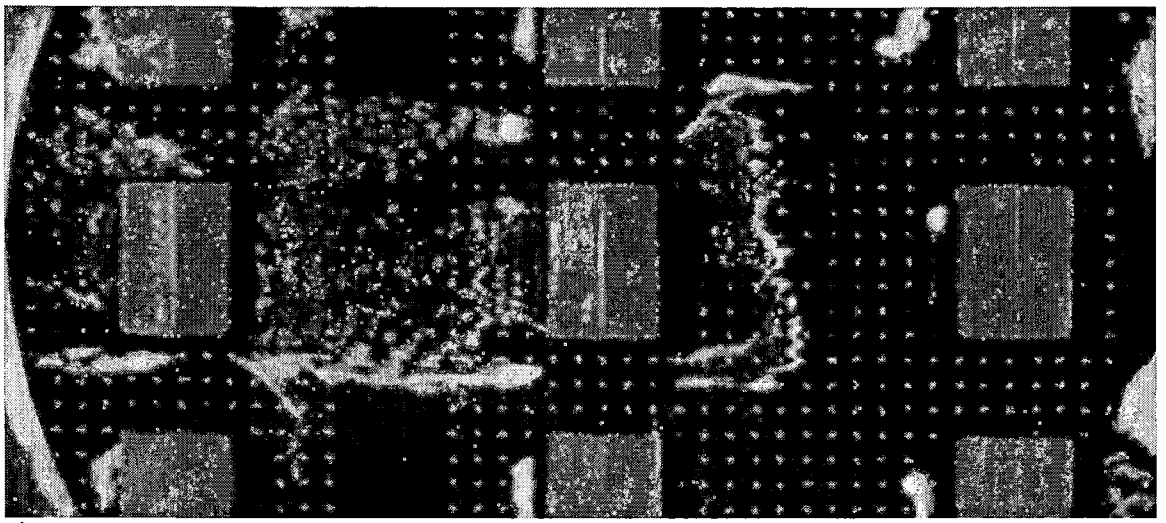
posterize

mosaïc

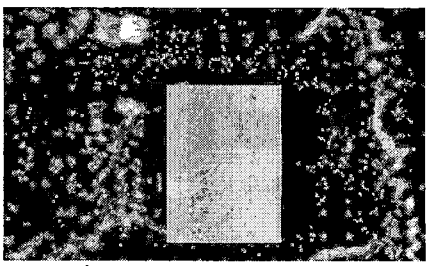
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9653*			*9422*			*10070*			*22340*			
1	0	4484			6336			2712			19790			
2	10	3795	73	734	1968	64	638	3851	52	523	1872	73	734	
3	8	774	15	120	295	10	76	1623	22	176	421	17	132	
4	6	489	9	57	103	3	20	1143	16	93	99	4	23	
5	4	84	2	7	143	5	19	633	9	34	95	4	15	
6	2	27	1	1	577	19	37	108	1	3	63	2	5	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				0,9			0,8			0,8			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				53,5			32,8			73,1			11,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**49,2**			**25,9**			**60,7**			**10,4**	
Azp/surf. lot (Azpl)				9,2			4,7			11,9			4,5	30,3
%Protection Av+Ar										18,9			7,2	**26,0**
%Protection R+S				27,1			16,2							**43,3**
Indice performance														***0,3***

Tableau des résultats

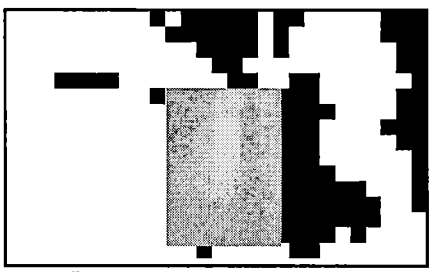
Fh2-Far+H3



site



posterize

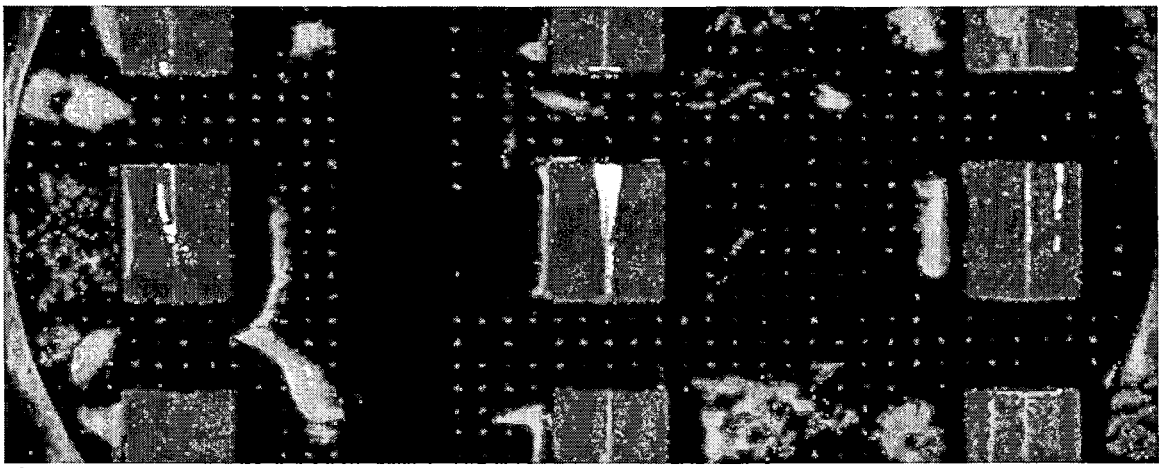


mosaïc

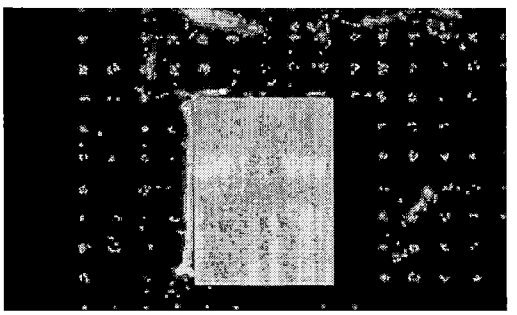
Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*9850*			*9672*			*10070*			*20635*			
1	0	660			3780			810			9616			
2	10	7319	80	796	4317	73	733	5959	64	644	8046	73	730	
3	8	1506	16	131	665	11	90	2352	25	203	2300	21	167	
4	6	323	4	21	488	8	50	770	8	50	610	6	33	
5	4	42	0	2	230	4	16	179	2	8	63	1	2	
6	2	0	0	0	192	3	7	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,9			0,9	
% Acc. / surf. zone (Az)				93,3			60,9			92,0			53,4	
Az pond./Ipa (Azp)				**88,7**			**54,5**			**83,2**			**49,8**	
Azp/surf. lot (Azpl)				17,4			10,5			16,7			20,5	65,0
%Protection Av+Ar										27,3			33,5	**60,7**
%Protection R+S				47,1			30,2							**77,3**
Indice performance														***7,1***

Tableau des résultats

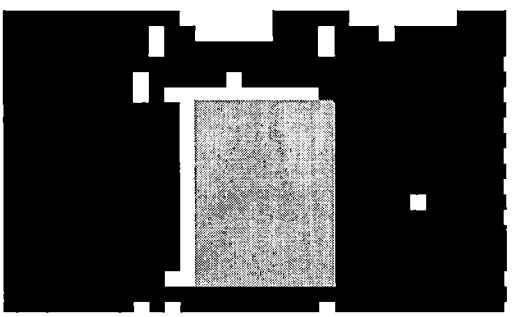
Fh2-3Fav



site



posterize



mosaïc

Tons gris	Val.	Rue (R) nb. pxl.	(%)		Stationnement (S) nb. pxl.	(%)		Cour avant (Av) nb. pxl.	(%)		Cour arrière (Ar) nb. pxl.	(%)		
Tot.		*14398*			*13460*			*14438*			*31486*			
1	0	14115			9758			12003			28148			
2	10	244	86	862	2559	69	691	1432	59	588	2897	87	868	
3	8	37	13	105	583	16	126	280	11	92	387	12	93	
4	6	2	1	4	350	9	57	311	13	77	54	2	10	
5	4	0	0	0	198	5	21	398	16	65	0	0	0	
6	2	0	0	0	12	0	1	14	1	1	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice prot. acc. (Ipa)				1,0			0,9			0,8			1,0	
% Acc. / surf. zone (Az)				2,0			27,5			16,9			10,6	
Az pond./Ipa (Azp)				**1,9**			**24,6**			**13,9**			**10,3**	
Azp/surf. lot (Azpl)				0,4			4,5			2,7			4,4	12,0
%Protection Av+Ar										4,4			7,1	**11,4**
%Protection R+S				1,0			13,3							**14,3**
Indice performance														***1,7***

Tableau des résultats