



mémento roches et minéraux industriels

l'ardoise et les pierres ardoisières





mémento roches et minéraux industriels

l'ardoise et les pierres ardoisières

J.-F. Becq-Giraudon

novembre 1988
88 SGN 863 GEO

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Géologie
Service Roches et Minéraux Industriels
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél.: (33) 38.64.34.34

Table des matières

INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE : L'Ardoise	7
I. ECONOMIE - MARCHE	9
I.1. Production nationale	9
I.2. Chiffre d'affaires	9
I.3. Répartition de la production	11
I.4. Commerce extérieur	11
I.4.1. Ardoise	11
I.4.2. Poudres et paillettes	11
I.5. Structure professionnelle	11
I.5.1. Pierres dimensionnelles	11
I.5.2. Poudres et paillettes	13
I.6. Clients et fournisseurs de l'industrie ardoisière française.	13
II. GEOLOGIE	15
II.1. Pétrologie du "schiste" ardoisier	15
II.1.1. Composition minéralogique	15
II.1.2. Granulométrie	15
II.1.3. Foliation	15
II.2. Fracturation de la roche et déformations secondaires de la schistosité	17
II.2.1. Microstructures : déformations à l'échelle de l'échantillon	17
II.2.2. Mésosstructures : déformations à l'échelle de l'affleurement	17
II.2.3. Mégastructures : déformation à l'échelle du gisement	17
II.2.4. Gîtologie	19
III. SPECIFICATIONS	20
III.1. Normes AFNOR	20
III.1.1. Caractéristiques géométriques	20
III.1.2. Caractéristiques physiques	20
III.1.3. Caractéristiques mécaniques	20
III.1.4. Inclusions	21
III.2. Normes ASTM (USA)	21

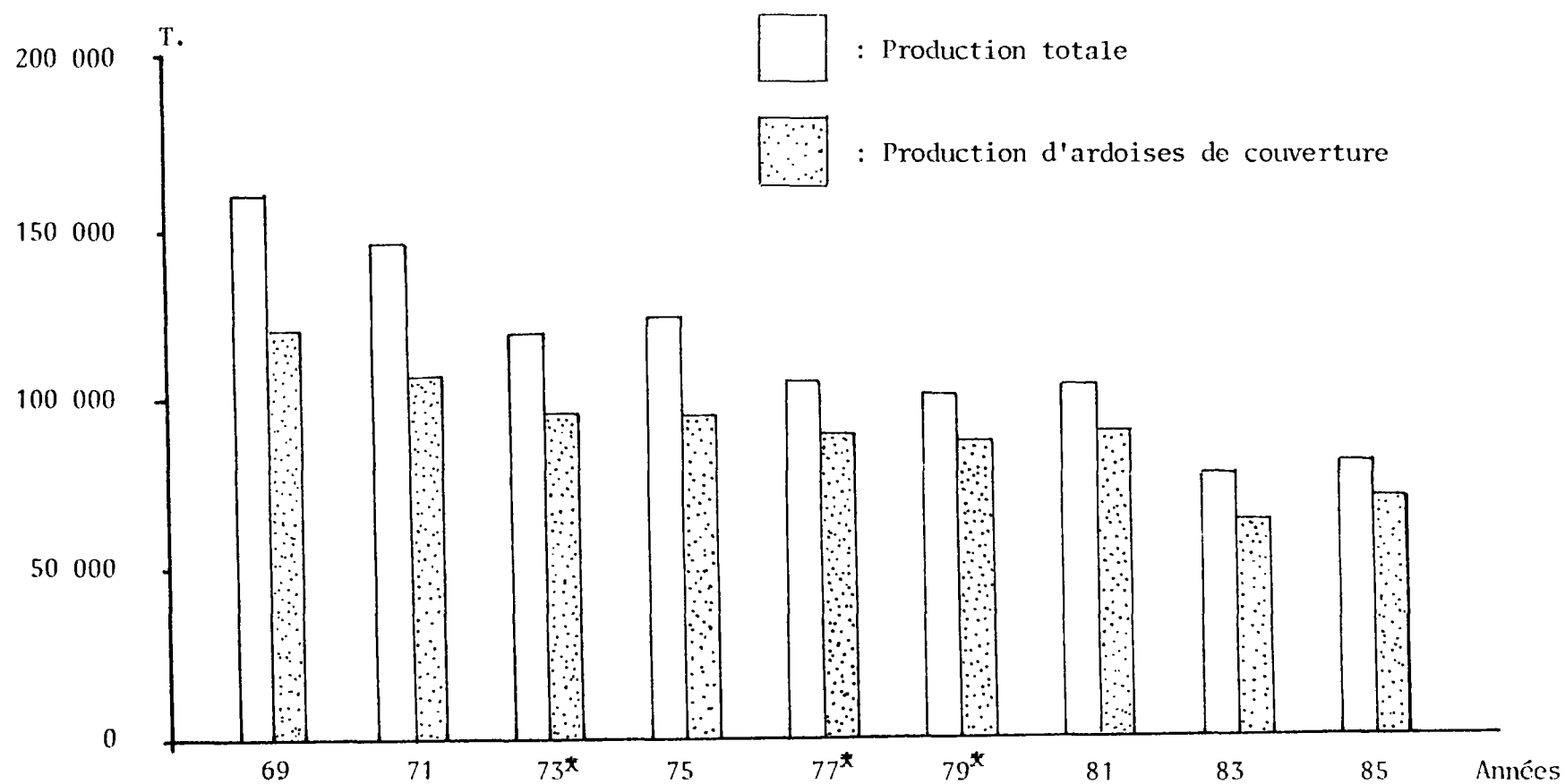
IV. PRODUCTION	23
IV.1. Extraction du produit brut	23
IV.2. Elaboration et finition de l'ardoise	26
IV.2.1. Le "répartonnage" : élaboration du produit semi-fini	26
IV.2.2. La fente : élaboration de l'ardoise finie	26
IV.2.3. Les ratios de production	26
V. UTILISATIONS	29
V.1. Emploi en pierres dimensionnelles	29
V.2. Emploi en poudres et paillettes	29
DEUXIEME PARTIE : LES LAUZES	31
I. DEFINITION	33
II. PRODUCTION ET CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES	33
III. MARCHE - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE	33
IV. MISE EN OEUVRE	33
REFERENCES	34
LISTE DES FIGURES	35
LISTE DES TABLEAUX	35
ANNEXE I - Modèles d'ardoises françaises	36
ANNEXE II - Modèles d'ardoises espagnoles	37
ANNEXE III - Gisements d'ardoisières françaises	38
ANNEXE IV - Prix de modèles d'ardoises	39

INTRODUCTION

La première édition du présent mémento datant de 1979, une remise à jour est apparue nécessaire, compte tenu de l'évolution de l'industrie de l'ardoise en France et à l'étranger, depuis cette date : en 9 ans, de nombreuses ardoisières françaises ont disparu, et non des moindres, avec la fermeture des Ardoisières de l'Anjou en 1985, tandis que l'essor du marché bénéficiait aux ardoises d'importation, principalement d'origine espagnole, dont la pénétration sur le marché a été littéralement explosive. Néanmoins, face à la pression de la concurrence internationale, les ardoisiers français ont su réagir et s'adapter au contexte ainsi créé en augmentant leur productivité, notamment par une automatisation poussée de la production de l'ardoise. La décennie 80 restera probablement celle de la transition pour cette industrie et de son adaptation à la compétition qui ne manquera pas de s'aviver dans le cadre du grand marché européen de 1992.

PREMIERE PARTIE
L'ARDOISE

Fig. 1 : Evolution de la production nationale
d'Ardoises de 1969 à 1985



SOURCES : - Statistiques annuelles de l'UNICEM - Poudres et granulés non inclus

* : chiffre de production des Divers non fournis

I - ECONOMIE - MARCHE

I-1. Production nationale

Le tableau 1, établi d'après les données statistiques de l'UNICEM, donne les résultats suivants (en tonnes) :

Années Produits (t)	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Ardoises de couverture	86 200	95 300	88 900	69 700	52 300	63 500	59 800	*
Dalles d'ardoises et ardoiserie	4 800	5 830	5 120	7 830	6 400	5 900	6 000	4 400
Pierre pour maçonnerie	5 670	4 330	3 560	3 840	3 600	2 700	2 200	750
Pierre pour dallage	4 050	4 690	4 730	4 020	3 900	1 900	1 900	1 900
Divers	*	1 550	1 150	800	520	*	*	*
TOTAL	100 720	111 700	107 020	86 190	66 720	74 000	69 900	-

Tabl. 1 : Evolution de la production nationale

(* : chiffres non disponibles, couverts par le secret statistique).

Ce tableau montre que la décroissance généralisée de la production nationale, amorcée durant la décennie 70, s'est poursuivie dans les années 80 avec une accélération à partir de 1982, qui voit la production chuter de 19 % par rapport à 1981. Le diagramme de la figure 1 illustre cette évolution depuis 1970.

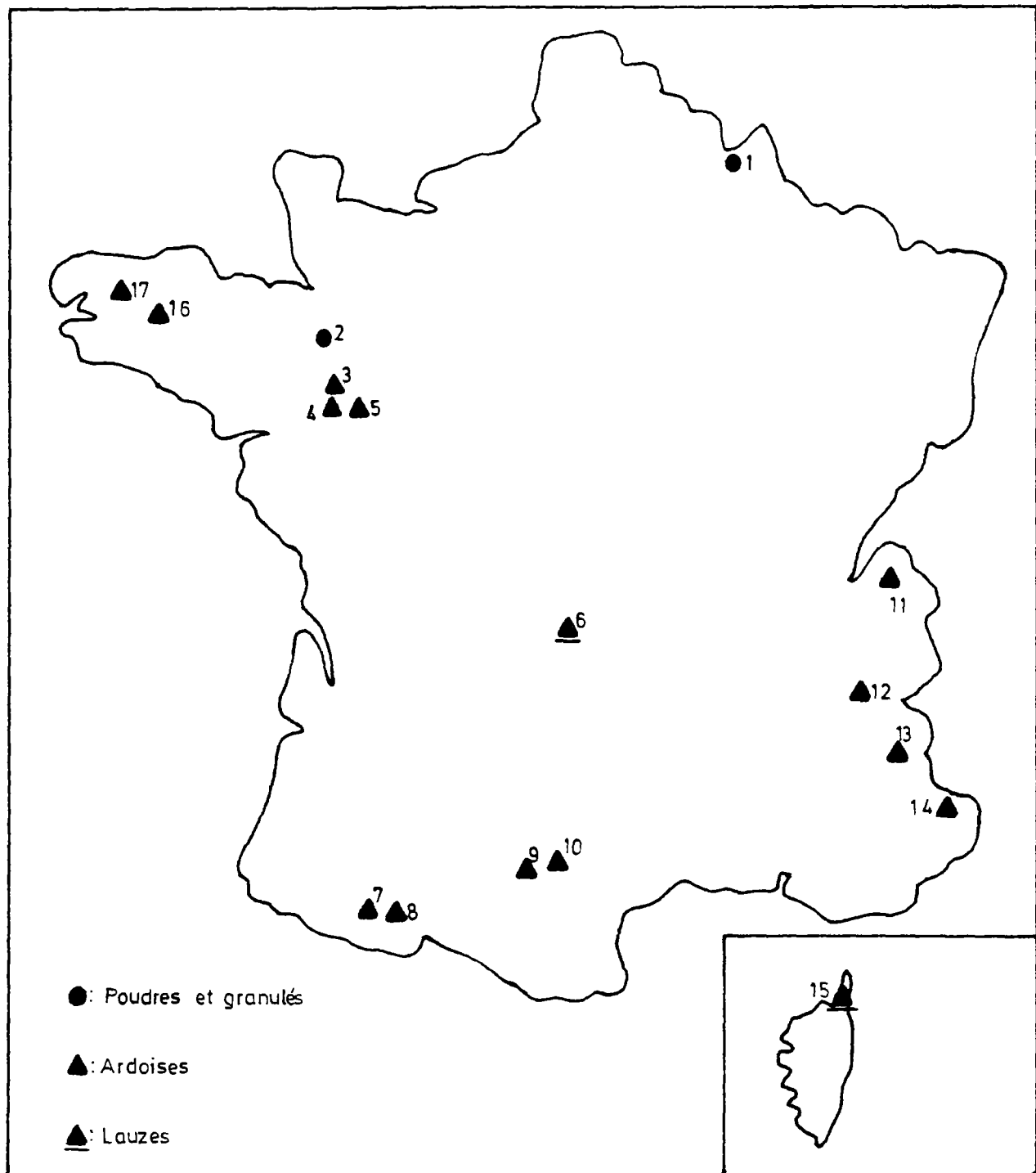
Les résultats pour les poudres et paillettes d'ardoise sont couverts par le secret statistique. Estimée à 120 000 t en 1977 (d'après enquête), la production de 1987 s'élèverait aux environs de 80 000 t.

I-2. Chiffre d'affaires

En 1986, il était de 294.483.000 F (hors taxe) contre 296.577.000 F (h.t.) en 1980. Le tableau 2 donne la tendance de l'évolution du chiffre d'affaires, en indice (base 100 en 1980, francs constants) de 1980 à 1986 :

1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
100,0	84,1	70,7	66,6	63,2	61,0	42,5

Tabl. 2 - Evolution du chiffre d'affaires
(sources : statistiques UNICEM)



(sources : Fédération des Ardoisières de France / UNICEM)

Fig. 2 : Ardoisières de France

1 : Rimogne (08) - 2 : St-Aubin-des-Lacs (35) - 3 : Segré/Bel Air (49) -
 4 : La Pouëze (49) - 5 : Trélazé (49) - 6 : Le Cayrol (12) (Lauzes) -
 7 : Segus-Lourdes (65) - 8 : Labassère (65) - 9 : Dourgne (81) -
 10 : Lacaune (81) - 11 : Saint-Colomban-de-Villars (74) -
 12 : Morzine (73) - 13 : Venosc (38) - 14 : Saint-Dalmas-de-Tende (06)
 15 : Bastia (2B) - 16 : Maël-Carhaix - 17 : Sizun - Commana

Cette baisse du chiffre d'affaires reflète directement la baisse de la production telle qu'elle est illustrée par le tableau 1 et s'inscrit dans la tendance globale à la baisse enregistrée depuis 1970 et illustrée par le graphique de la figure 1.

I-3. Répartition de la production (source UNICEM)

Les statistiques de production donnent les répartitions suivantes des destinations des produits extraits :

- Ardoises pour couverture : 85,6 %
- Dallage et ardoiserie : 11,3 %
- Pierres pour maçonnerie : 3,1 %

Ces pourcentages excluent les poudres et paillettes dont les chiffres, couverts par le secret statistique, ne sont pas disponibles ; il en est de même en ce qui concerne la rubrique "Divers".

I-4. Commerce extérieur

I-4.1. Ardoise

Le fait marquant a été l'accroissement sans précédent des importations d'ardoises d'origine espagnoles depuis 1975 (fig. 2). Les tableaux 3 et 4 retracent l'évolution des importations et des exportations de 1980 à 1986.

La comparaison entre les deux tableaux montre un bilan constamment déficitaire pour les ardoises de couverture, faiblement alterné par un bilan positif pour les ardoises brutes, malgré une baisse globale du marché de ce type de produits à partir du début des années 1980.

I-4.2. Poudres et paillettes

Les chiffres d'import-export concernant l'activité poudres et paillettes d'ardoises ne sont pas disponibles du fait du secret statistique couvrant les résultats de ce secteur de l'activité ardoisière. En conséquence, il n'est pas possible de donner une image du commerce extérieur dans ce domaine particulier.

I-5. Structure professionnelle

Il y a lieu de distinguer entre la production de poudres et paillettes et la production de pierres dimensionnelles.

I-5.1. Pierres dimensionnelles

La décennie écoulée (1979-1989) a été marquée par de très nombreux changements dans la structure de l'industrie de l'ardoise : de nombreuses ardoisières ont disparu, notamment sous l'effet de la très forte concurrence des ardoisières espagnoles : c'est ainsi qu'en 1985 a disparu la Société des Ardoisières de l'Anjou (production 20 000 t de produits finis par an) et, de

Produits \ Valeur/ année	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986	
	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF
Ardoises brutes	78.762	20 891	72.567	21 453	65.387	23 467	29.584	11 550	36.050	14 124	42.767	16 016	41.015	16 648
Pierre de couverture	5.375	17 587	3.973	13 481	3.040	11 630	5.090	17 100	3.282	12 196	3.098	11 527	3.235	13 000
Ouvrés	121	357	199	410	141	165	235	362	207	544	321	378	273	793

Tabl. 3 - Evolution des exportations d'ardoises de 1980 à 1986
(source : statistiques UNICEM)

Produits \ Valeur/ année	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986	
	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF	Tonnes	Valeur kF
Ardoises brutes	3.428	2 072	3.537	2 467	2.830	1 980	2.421	2 132	1.329	1 263	1.602	1 536	1.596	1 601
Pour couverture	136.294	228 833	137.738	222 589	131.636	228 426	136.978	217 502	172.462	306 651	154.964	308 324	150.747	271 727
Ouvrés	3.000	2 682	2.722	3 585	1.846	3 011	1.497	3 345	1.391	3 238	1.453	4 432	1.857	5 939

Tabl. 4 - Evolution des importations d'ardoises de 1980 à 1986
(sources : statistiques de l'UNICEM)

façon générale, des 35 ardoisières, de toutes tailles, recensées en 1979 (rapport BRGM 79 SGN 152 MTX), moins de la moitié est encore en activité en 1988 (fig. 2). La profession est largement dominée par la société des ardoisières d'Angers S.A., 52 boulevard du Roi René, 49000 Angers, qui représente à elle seule 61 % (en 1987) de la production nationale et 67 % du chiffre d'affaires total de l'industrie ardoisière, à partir de quatre carrières souterraines (Trelazé, La Pouëze et Bel-Air près Cambrée, fig. 3). Cette société domine également le marché de l'importation des ardoises espagnoles en France.

Le reste de la production est assurée par une dizaine d'ardoisières essentiellement localisées dans les Hautes-Pyrénées, le Tarn, l'Aveyron, la Savoie, la Haute-Savoie, l'Isère et les Alpes-Maritimes ainsi que la Corse du Nord (fig. 2) : elles représentent près de 40 % de la production totale, à comparer avec 15 % en 1979, répartis sur une trentaine d'exploitations. Cette augmentation relative s'explique en partie par la fermeture d'importantes unités de production dans le Massif armoricain (ardoisières de Segré, Renazé, Maël-Carhaix*).

I-5.2. Poudres et paillettes

Il n'y a que deux entreprises en France spécialisées dans la production de poudres et paillettes d'ardoises : ce sont, d'une part, l'entreprise HERIAU, Les Lacs par Saint-Aubin-des-Landes, près de Vitré (Ille-et-Vilaine) et, d'autre part, la Société Industrielle et Commerciale des Ardennes S.A. (SICA), Rimogne (Ardennes). Les chiffres de production étant couverts par le secret statistique, il n'est pas possible de donner la part de marché respective de ces deux sociétés.

I-6. Clients et fournisseurs de l'industrie ardoisière française

Le marché français de l'ardoise reste le premier marché européen pour ce type de produits. Avec une consommation de 211 000 t de produits ardoisiers divers, dont l'ardoise travaillée et ouvragée constitue l'essentiel, la production française ne fournit environ qu'un quart des besoins et la balance est constituée par des importations dont l'essentiel provient d'Espagne : en 1986, ces importations ont représentées 150 241 tonnes d'ardoises pour toiture, la Grande-Bretagne venant très loin derrière avec 294 tonnes (sources : statistiques du commerce extérieur de la France pour 1986).

A l'exportation, par contre, les ardoises brutes et dalles enregistrent un solde positif (voir tabl. 3), les principaux clients étant la RFA (16 055 t) et le Bénélux (20 177 t), les exportations totales vers la CEE étant de 38 905 t, les huit autres pays ne représentant que 7 % du total (sources : statistiques du commerce extérieur de la France, année 1986).

* Mael-Carhaix, fermée en décembre 1984, doit reprendre incessamment son activité.

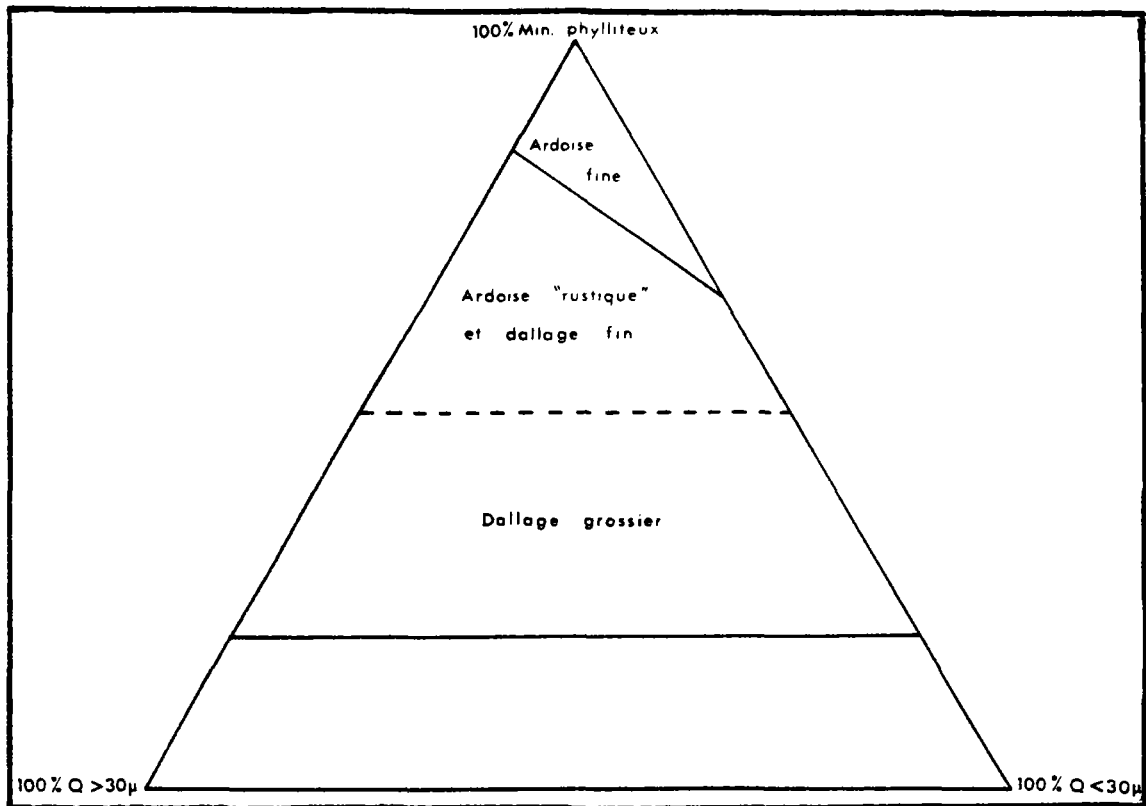


Fig. 3 : Classification approchée des matériaux ardoisiers en fonction du % de phyllites et de la granulométrie du quartz (d'après Cl. Le Corre, 1970)

II - GEOLOGIE

La formation d'une masse schisteuse exploitable dépend, d'une part, de la pétrologie du "schiste" ardoisier et de l'état de fracturation de la roche, d'autre part.

II-1. Pétrologie du "schiste" ardoisier

On appelle "schiste" ardoisier une roche métamorphique à grain fin, riche en minéraux phylliteux et présentant une structure foliée ; cette définition est à la fois pétrographique et structurale. Une telle définition englobe des roches clivables, pétrographiquement très différentes ; les données qui suivent ont trait à l'ardoise fine (ardoise de couverture).

II-1.1. Composition minéralogique

L'ardoise est essentiellement composée de quartz, chlorite et minéraux phylliteux du type séricite ou illite. Ces minéraux sont tous recristallisés ou néoformés à la suite du métamorphisme. Le rapport quartz/minéraux phylliteux joue un rôle important dans la qualité du schiste, le quartz pouvant être abondant pourvu que la granulométrie reste fine (fig. 4).

Certains minéraux accessoires peuvent être localement abondants et sont alors incompatibles avec la bonne qualité de l'ardoise :

- les carbonates qui blanchissent l'ardoise par altération ;
- la pyrite : elle se présente soit sous forme de cristaux cubiques visibles à l'oeil nu et qui, par leur taille, peuvent provoquer une irrégularité de la fissilité, soit sous formes d'amas lenticulaires microcristallins s'intégrant dans le fissilitage, mais qui s'altèrent très rapidement en provoquant des tâches de rouille inacceptables et en diminuant la résistance de l'ardoise ;
- d'autres corps, minéraux de métamorphisme ou éléments antéschisteux (galets, fossiles, etc.) entraînent également des perturbations de la fissilité, la schistosité ayant tendance à les contourner.

II-1.2. Granulométrie

La granulométrie du quartz joue un rôle important dans la finesse de l'ardoise : dans les ardoises fines, le grain moyen est d'environ 30 μ (fig. 3) alors que pour les variétés plus grossières (dallages et ardoises "rustiques"), la fourchette s'établit entre 30 et 60 μ . D'autre part, la granulométrie du sédiment initial influe sur le développement ultérieur de la schistosité en induisant des réfractions du débit, voir même des schistosités courbes.

II-1.3. Foliation

Cette structure correspond à une "schistosité de flux" liée à la recristallisation (ou la cristallisation) orientée de minéraux sous contraintes tectoniques. Cette schistosité doit être parfaitement plane, fine et bien parallèle pour devenir la "fissilité" des ardoisiers. Ainsi, toute roche possédant une schistosité n'est pas pour autant fissile et seules les roches présentant une schistosité de flux typique peuvent donner des ardoises.

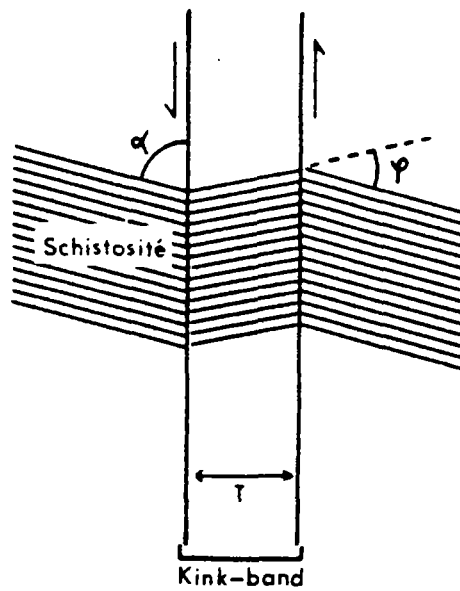


Fig.4 : Kink-band ou "feuilleti" déformant la schistosité
 (T : épaisseur, φ : angle de rotation de la schistosité, α : angle formé par le plan de schistosité et le plan de feuilleti)
 (d'après Cl. Le Corre, 1970)

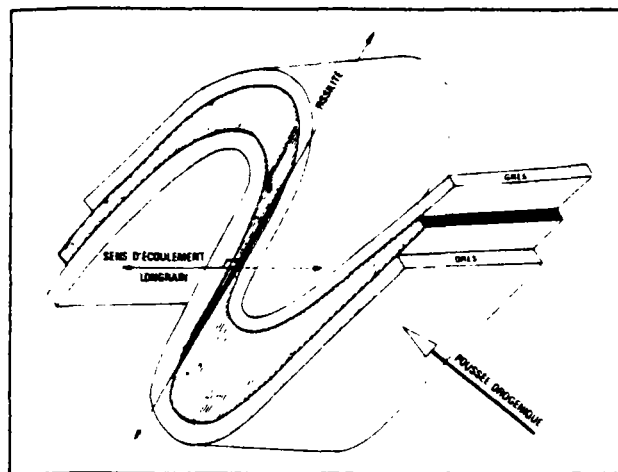


Fig. 5 : Position relative de la fissilité et du Longrain par rapport à la mégastructure
 (Document Ardoisières d'Angers)

En résumé, la qualité intrinsèque d'un niveau lithologique particulier susceptible d'être exploité pour l'ardoise, est caractérisée par :

- un rapport quartz/minéraux phylliteux peu élevé,
- une granulométrie fine et homogène,
- une fissilité plane et bien parallèle correspondant à une schistosité de flux typique,
- une absence d'hétérogénéité d'origine sédimentaire ou métamorphique,
- l'absence de certains minéraux accessoires dont la présence peut provoquer une détérioration rapide du produit fini.

II-2. Fracturation de la roche et déformations secondaires de la schistosité

Après la schistogenèse, le schiste ardoisier a souvent subi d'autres déformations qui peuvent avoir altéré profondément les qualités acquises ou rendre le gisement inexploitable. Ces déformations peuvent être classées en trois catégories :

II-2.1. Microstructures : déformations à l'échelle de l'échantillon

Une schistosité secondaire, recoupant la schistosité de flux initiale, peut se développer, soit régionalement, soit localement, en donnant à la roche un débit "en crayon", conséquence de l'intersection des deux schistosités. Des linéations par microplissements, sur le plan de schistosité de flux, peuvent également être présentes et rendre le schiste inexploitable.

II-2.2. Mésostructures : déformations à l'échelle de l'affleurement

Le massif ardoisier présente toujours une série de délits de nature et direction variables : ce sont, soit de simples diaclases ouvertes, soit des filonnets ou des cassures minéralisées en quartz, soit des failles de très faible rejet. Les déformations du type "kink-bands" (ou "feuilletis" des ardoisiers) (fig. 4), très fréquentes dans les schistes du Massif armoricain, peuvent, dans certains cas, hâcher une partie du gisement et la rendre totalement inexploitable.

Il y a lieu de signaler, dans ce paragraphe, l'existence d'un deuxième plan de cassure, le "longrain" des ardoisiers, perpendiculaire au plan de fissilité et le long duquel le débitage en blocs est aisé ("quernage") (fig. 5 et 6).

II-2.3. Mégastructures : déformation à l'échelle du gisement

Ce sont des failles présentant le plus souvent un remplissage de schistes broyés et qui perturbent la qualité du schiste sur une distance variable. Elles interviennent dans la structure du gisement en décalant les veines ardoisières (fig. 7), mais leurs effets ne sont pas cependant toujours aussi néfastes qu'il semble à première vue. En effet, ces failles généralement obliques sur la direction du gisement et se répétant à intervalles réguliers, permettent, à chaque phase de rejeu, la relaxation globale des contraintes, ce qui fait que le gisement, au lieu d'être entièrement fracturé, est découpé en grands compartiments homogènes séparés par les zones faillées.

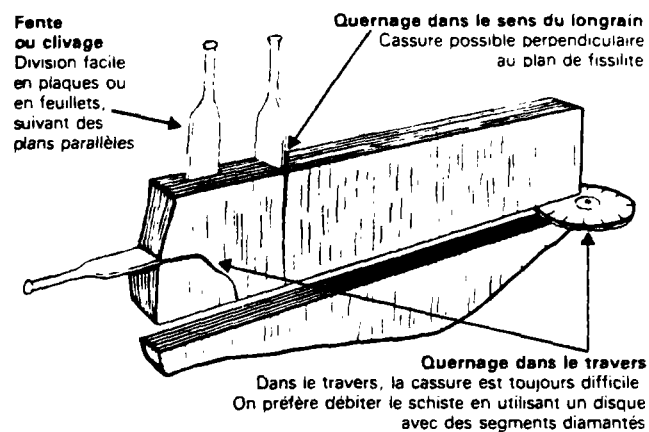


Fig. 6 : Principaux plans de clivage et quernage
(Document Ardoisières d'Angers)

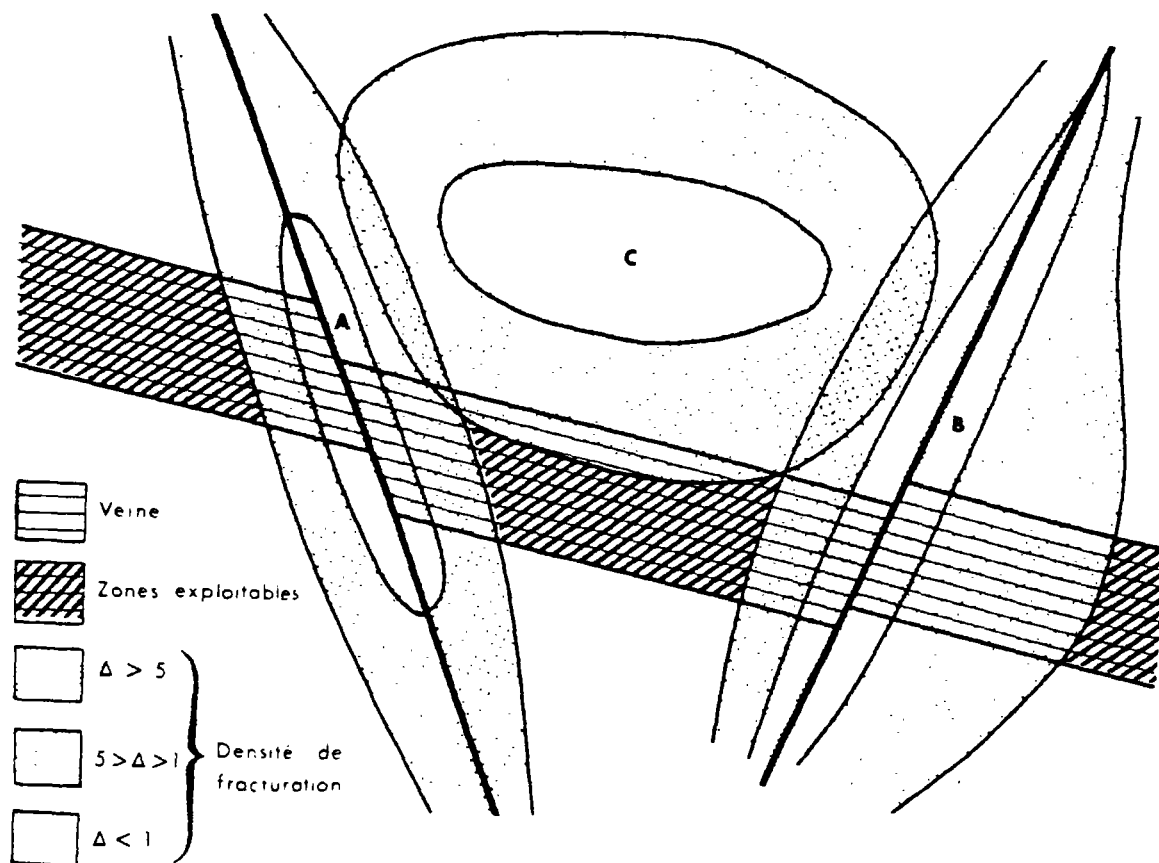


Fig. 7 - Exemple fictif de densité de fracturation d'une formation schisteuse - Trois familles de lithoclases (A, B, C) dont deux liées à des failles détruisent localement le gisement ne laissant subsister que certaines zones exploitables dans la veine.

(D'après Cl. Le Corre, 1970)

II-2.4. Gîtologie

Les filons, ou "veines" de faciès ardoisier de qualité, sont le plus souvent constitués par des passées de quelques mètres intercalés dans une formation de schistes "stériles". Ces passées semblent constituer des niveaux stratigraphiques particuliers à lithologie favorisant la schistosité.

Dans d'autres cas, la série entière de schistes est lithologiquement constante, et les "veines" exploitables coïncident avec les zones où la fracturation tardive* est la moins dense.

Les formations schisteuses sont le plus souvent prises dans des grandes structures plissées, et on y constate souvent des couches fortement inclinées sur l'horizontale, parfois même verticales.

La qualité des schistes ardoisiers est aussi liée à la discrétion ou l'absence complète du litage stratigraphique qui peut créer un débit secondaire gênant ou se matérialiser par des lits fins gréseux perturbant la fissilité.

Dans le cas où la stratification est visible, l'exploitation n'est souvent possible que dans les zones où la stratification forme un angle faible avec la schistosité.

* Fracturation recoupant les schistes suivant des directions pouvant être divergentes par rapport à celle de la schistosité et établie postérieurement à la phase ayant permis le développement de la schistosité.

III - SPECIFICATIONS

III-1. Normes AFNOR

Les spécifications homologuées sont définies dans la norme AFNOR NF P32.301* réservée aux ardoises de couverture (il n'existe pas présentement de normes concernant les lauzes).

III-1.1. Caractéristiques géométriques

Les dimensions ne sont pas encore normalisées.

III-1.2. Caractéristiques physiques

Au nombre de six, les mieux définies sont :

- les noeuds : ils doivent être inférieurs à 2 mm et ne pas dépasser la moitié de l'épaisseur normale de l'ardoise ;
- densité : doit être au moins égale à 2,6 ;
- porosité : ne doit pas dépasser 3 % (en volume) ;
- gélivité : les ardoises ne doivent pas être gélives, c'est-à-dire qu'après essai de gélivité, elles ne doivent pas présenter de dégradations importantes (par exemple : exfoliation atteignant la moitié de l'épaisseur nominale de l'ardoise) ni une perte de poids supérieure à 3 %.

III-1.3. Caractéristiques mécaniques

Il s'agit essentiellement de la résistance à la flexion, définie par un essai de rupture réalisé à partir d'un échantillon (ardoise entière) placé sur un support dont l'empan est de 20 cm de largeur. Le tableau 5 donne les valeurs minimales requises de charge de rupture (d'après la norme NF P32-301) :

Ardoises dont l'épaisseur nominale est : (en mm)	Charge par centimètre de largeur de l'ardoise en centisthène (1)
2,7	0,8
3	1
3,3	1,2
3,6	1,4
4	1,6
4,4	1,9
4,8	2,2

(1) 1 centisthène = 1,02 kg poids

Tabl. 5 - Valeurs de charge de rupture

* cette norme est en cours de révision.

III-1.4. Inclusions. Ce sont :

- la pyrite : admise dans certaines conditions de pose seulement.
- le carbonate de calcium, toléré différemment suivant l'épaisseur de l'ardoise (voir paragraphe II du présent mémento).

III - 2. Normes ASTM (USA)

Elles définissent les modes opératoires d'essai suivants, permettant de déterminer :

- le module de rupture et le module d'élasticité (C 120.52),
- l'absorption d'eau (C 121.48),
- la résistance aux agents atmosphériques (C 217.58),

Les spécifications sont données pour :

- l'ardoise de couverture ("roofing-slate") (C 406.58),
- l'ardoise pour autres usages de construction ("structural slate") (C 629.68).

Les principales caractéristiques reprises par ces normes sont résumées dans le tableau 6 ci-après :

	Coefficient d'absorption max. % (C 121)	Module de rupture traduit en kg/cm ²	
		le long du longrain	en travers du longrain
Ardoise pour toiture (C 406) S ₁ (durée 75 à 100 ans) S ₂ (durée 20 à 40 ans)	0,25 0,45	633	
Ardoises pour autres usages de construc- tion (structural s.) (C 629) Usage extérieur Usage intérieur	0,25 0,45	506	633

Tabl. 6 - Normes ASTM

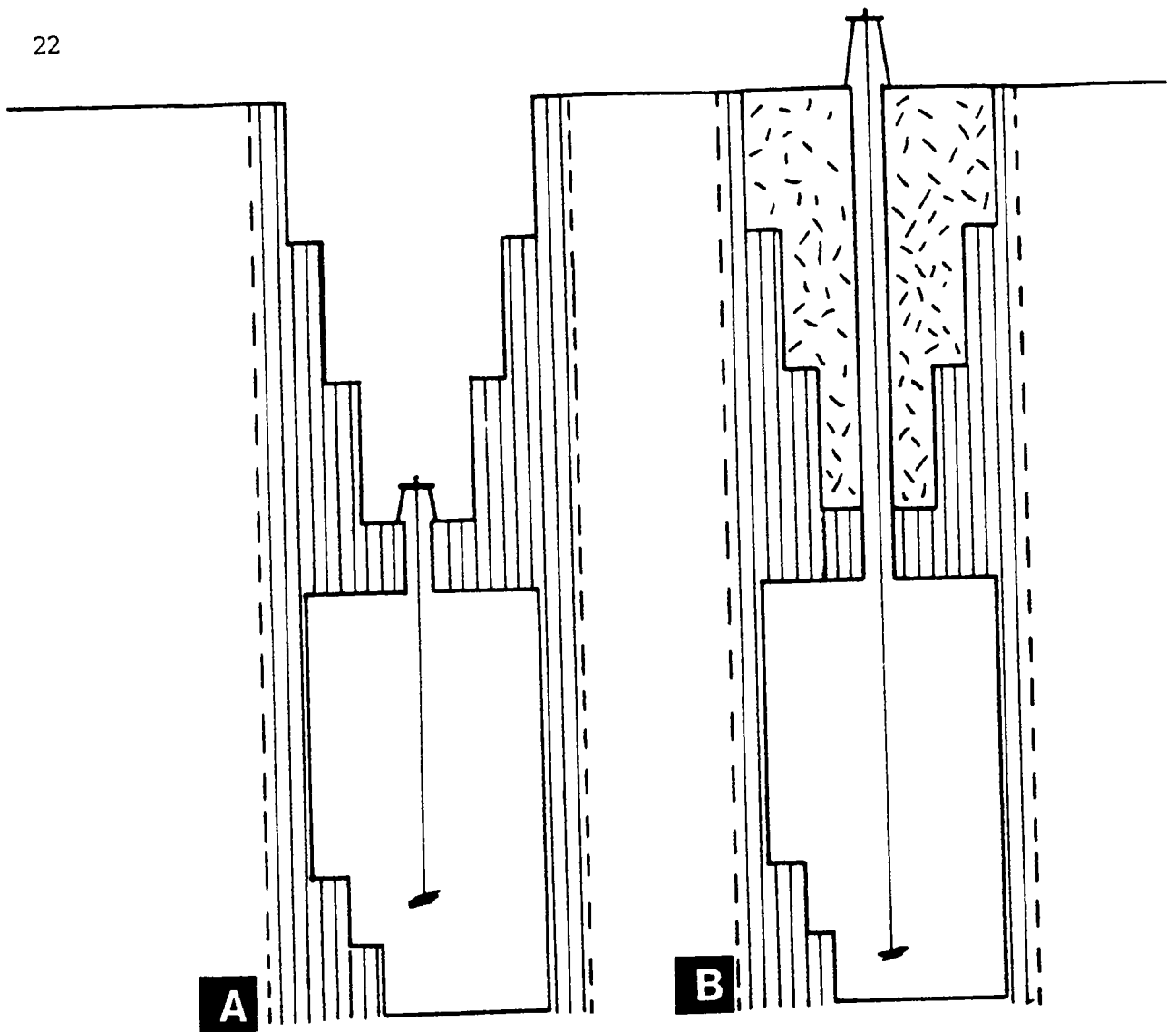


Fig. 8 - Schéma de principe de l'exploitation par puit-bouteille - A : à partir du fond d'une carrière à ciel ouvert - B : à travers une ancienne carrière remblayée

IV - PRODUCTION

Le processus de la fabrication d'ardoise se fait en deux étapes :

- a) Extraction, en carrière, des blocs bruts.
- b) Façonnage et finition.

IV-1. Extraction du produit brut

L'essentiel de la production d'ardoises en France est, à l'heure actuelle, assurée par des exploitations souterraines en Anjou. Les veines ardoisières y sont subverticales et furent, à l'origine, exploitées en carrières à ciel ouvert. A la fin du siècle dernier, du fait de l'approfondissement progressif de ces carrières, l'exploitation s'est orientée vers l'extraction souterraine. Tout d'abord, les carrières souterraines ont été ouvertes sous les anciennes carrières à ciel ouvert, soit directement à partir du fond par l'intermédiaire d'un puits d'une quinzaine de mètres, soit à travers les remblais (fig. 8). Cette méthode, dite par puits-bouteille, fut abandonnée à la suite d'accidents (effondrement de la voûte) ; à l'heure actuelle, les exploitations, qui descendent jusqu'à 450 m de profondeur, se font selon deux méthodes (fig. 9) :

- la méthode en taille remontante (fig. 9-A). La veine ardoisière est exploitée de bas en haut à partir de chambres d'extraction de 1000 m² environ. La voûte de ces chambres est abattue par tranche de 2 à 3 m en utilisant l'explosif.

- la méthode en taille descendante (fig. 9-B). Dans ce cas, on procède à partir d'étages de moins en moins profonds. Le principe consiste à recréer de gigantesques carrières (jusqu'à 40 m de hauteur) et d'exploiter la veine de schiste du haut vers le bas, également par tranche de 2 à 3 m. Cette méthode permet une exploitation sur des durées plus longues que les chambres de la méthode montante et l'espace disponible permet également une mécanisation poussée du chantier : les blocs sont séparés mécaniquement à la haveuse et la rouilleuse, et détachés mécaniquement, sans intervention d'explosifs.

Les déchets de l'exploitation servent à remblayer les anciennes chambres situées à l'étage inférieur, l'évacuation se faisant par l'intermédiaire d'un puits reliant le chantier en cours d'exploitation à l'ancien, situé immédiatement en dessous.

Des essais sont en cours pour l'utilisation de haveuses dans les chambres montantes et pour le découpage des blocs par fil hélicoïdal (fig. 11). La première sélection de blocs destinés à la fente intervient au fond et seule une partie de la roche abattue est remontée à la surface, généralement sous forme de blocs de schiste de 2 à 4 tonnes.

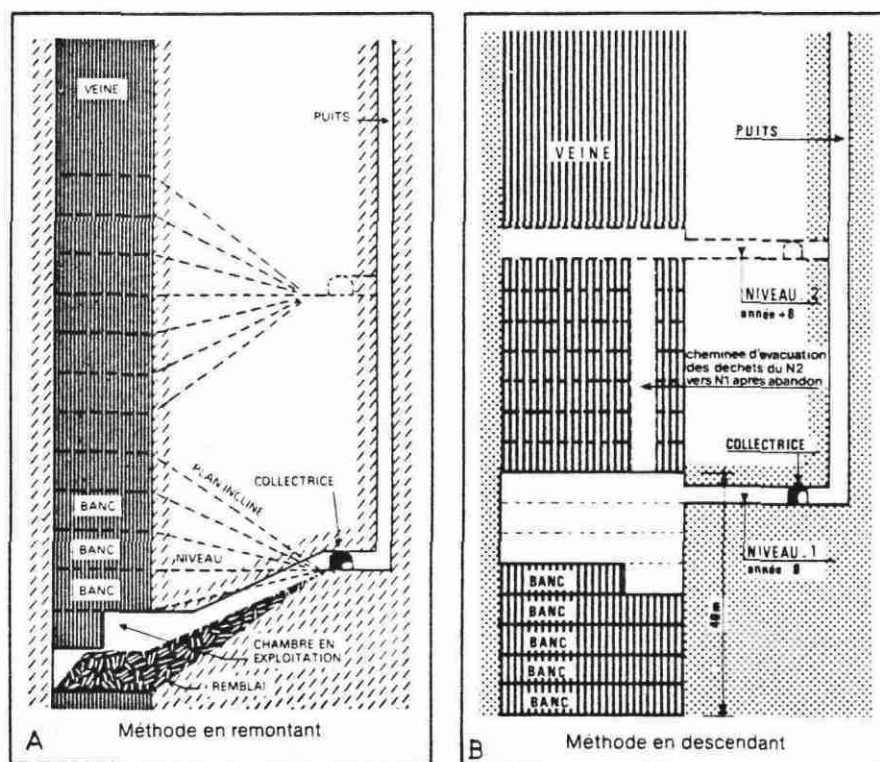


Fig. 9 : Methodes d'exploitation en souterrain
 (Document Ardoisières d'Angers)

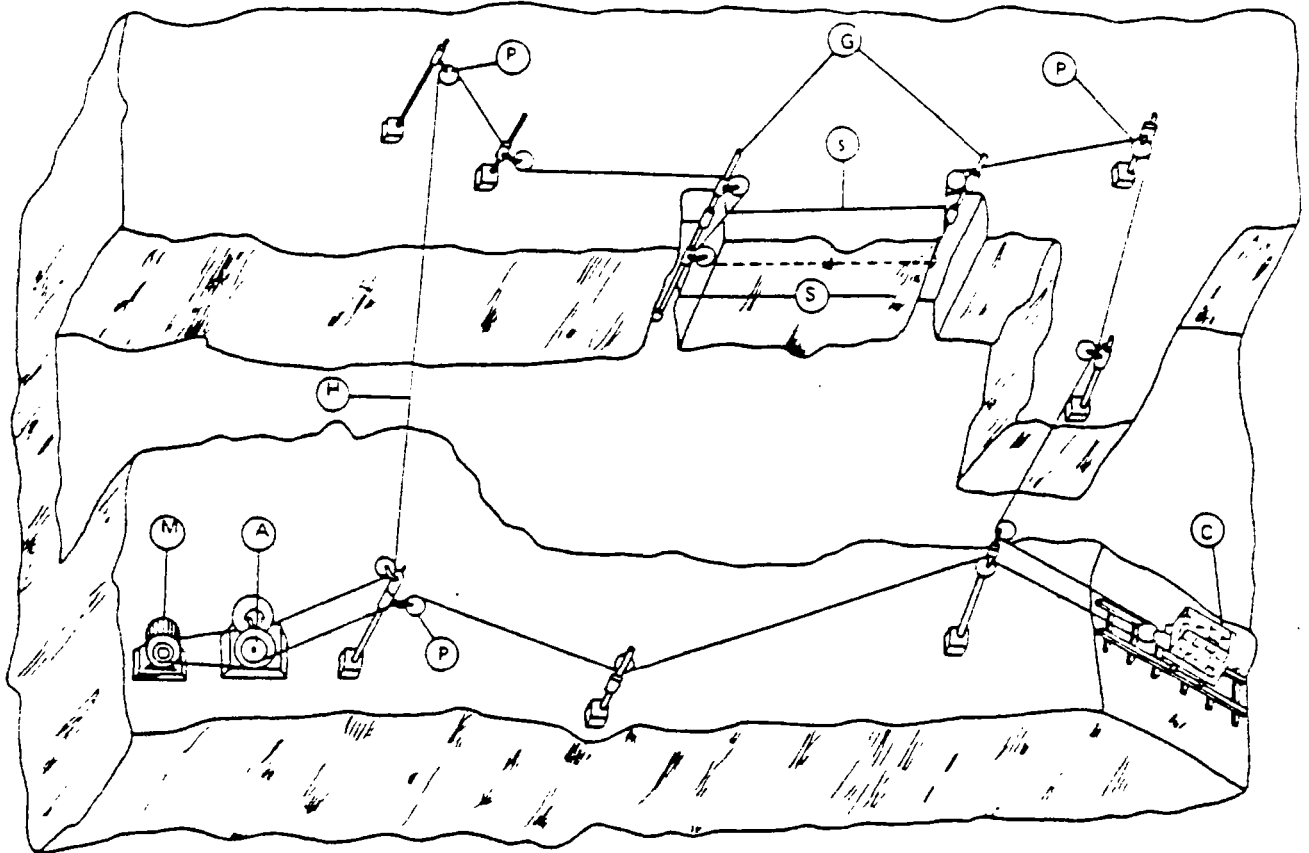


Fig. 10 - Schéma d'exploitation par sciage au fil
hélicoidal

(d'après Instituto Geologico y minero de España,
Madrid, 1975)

- M : MOTEUR
- A : POULIE MOTRICE
- P : POULIES
- H : FIL HELICOIDAL
- S : LONGUEUR DE COUPE
- s : SECTION
- C : TENDEUR SUR CHARIOT
- G : GUIDES

IV-2. ELABORATION ET FINITION DE L'ARDOISE

Cette deuxième étape se subdivise elle-même en deux phases :

IV-2.1. Le "répartonnage" : élaboration du produit semi-fini

Les blocs sont acheminés vers un premier atelier où ils sont tout d'abord débités, au marteau-piqueur lent, en plaques de 8 à 12 cm d'épaisseur. Ces plaques sont, à leur tour, sciées en blocs, appelés "répartons", dont les dimensions sont légèrement supérieures à celles d'une ardoise finie.

Ces blocs sont, soit stockés et constamment humidifiés pour éviter la perte de leur qualité fissile par dessiccation, soit envoyés à l'atelier de fente.

IV-2.2. La fente : élaboration de l'ardoise finie

Traditionnellement, le réparton est fendu manuellement jusqu'à l'obtention d'une ardoise brute, dont l'épaisseur dépend du modèle fini (voir annexe I). Un bon fendeur peut produire jusqu'à un millier d'ardoises par jour. Néanmoins, si la fente manuelle est encore pratiquée, les opérations sont maintenant largement semi-automatisées : le réparton est fendu manuellement en quatre ardoises épaisses puis celles-ci sont fendues par une machine à ventouses (dite de première génération) pour obtenir les ardoises brutes ("fendis").

Les Ardoisières d'Anjou S.A. ont récemment développé une machine à fendre entièrement automatique qui réalise la fente du réparton en économisant la phase manuelle préalable que nécessite l'utilisation des machines de première génération, en réduisant les rejets et en augmentant la productivité.

A l'issue de l'opération de fente, l'ardoise brute passe à la finition ("rondissage") : les bordures du fendi sont taillées en biseau (épaufures), ces biseaux étant destinés à faciliter l'écoulement des eaux d'une ardoise à l'autre.

Cette opération est automatisée pour les deux modèles de bases (modèle français et modèle anglais, annexe I), les autres modèles requérant toujours un façonnage manuel.

IV-2.3. Les ratios de production

Trois ratios de production sont pris en compte. Ce sont :

a) **Pierre extraite/pierre abattue** : ce ratio mesure la productivité de la carrière. Il varie largement d'une carrière à l'autre et dépend de la méthode d'exploitation ainsi que des conditions géologiques régnantes.

b) **Produits finis/pierre extraite** : ce ratio mesure la productivité de l'atelier de répartonnage. Il convient de signaler que les rejets peuvent être rentabilisés par la production de dalles.

c) **Produits finis/produits semi-finis** : mesure la productivité de l'atelier de finition.

Ces deux derniers ratios varient peu d'une exploitation à l'autre.

Enfin, un quatrième ratio, global, est utilisé : **produits finis/pierre abattue** : ce ratio oscille entre 5 % et 12 à 13 % selon les exploitations, les méthodes d'extraction employées et la géologie du gisement. Une mécanisation totale de la production devrait probablement accroître ce ratio mais il est présentement difficile de préciser l'ordre de grandeur de cette augmentation. Enfin, ce ratio montre également l'influence directe de l'état du gisement sur la production finale de l'ardoise.

REGIONS DE CONSOMMATION
D'ARDOISES EN % DU TONNAGE TOTAL



Le reste du territoire,
laissé en blanc ne représente
que 6 % de la consommation totale

V - UTILISATIONS

Il faut distinguer deux catégories distinctes de l'emploi des produits ardoisiers :

- comme pierre dimensionnelle dans divers éléments du bâtiment : couverture de toits et bardage (revêtement extérieur du mur) et à un degré moindre, pierre pour maçonnerie, décoration ;
- sous forme de paillettes et de poudres élaborées, les déchets de taille d'ardoise (et même des matériaux issus de gisements exploités dans ce but) servent de charge ou sont utilisés comme granulats au sens large du terme.

V-1. Emploi en pierres dimensionnelles

Environ 8 millions de m² de toitures et de terrasses sont couvertes annuellement en ardoises ; les travaux de rénovation, d'entretien d'anciennes couvertures et la réhabilitation de monuments historiques peuvent représenter jusqu'à 30 % du marché de l'ardoise naturelle.

Le bardage (revêtement extérieur de mur pour l'isolation) et le dallage ne représentent, respectivement, que 300 000 m² annuels.

La figure 11 montre la répartition des principaux secteurs de consommation d'ardoises naturelles en France ; il apparaît nettement que Pays de Loire et Bretagne constituent le marché essentiel de l'ardoise de couverture où celle-ci possède un marché quasiment captif.

V-2. Emploi en poudres et paillettes

Ces produits sont obtenus par concassage et broyage, après dessiccation, de schistes ardoisiers. Ils constituent un excellent débouché pour les déblais d'exploitation et les schistes ardoisiers affectés par des accidents tectoniques tels que les kink-bands (voir chapitre II).

- Les paillettes : elles peuvent être utilisées comme granulats mais leur principale destination est la fabrication du "shingle", élément de couverture bitumés dont les paillettes d'ardoises constituent une couche externe protectrice. Ces éléments sont essentiellement utilisés pour les toitures et pour le bardage.

- Les poudres : elles sont employées comme charge (ou "filler") pour les matières plastiques et les caoutchoucs ainsi que pour les insecticides car leur densité élevée leur donne une très bonne adhérence.

Enfin, des essais récents ont montré que les déchets d'ardoises pourraient être utilisés dans la fabrication des fibres de verre comme substitut de l'asbeste.

DEUXIEME PARTIE
LES LAUZES

I - DEFINITION

Par une très large extension, on appellera "Lauze" toute couverture en roche fissile ne relevant pas de la nord NF P32-301. De ce fait, la nature pétrographique d'une lauze peut être très variée et c'est ainsi que l'on trouve des lauzes calcaires, en micaschiste, en gneiss ou en lave (phonolite), la nature de la roche employée dépendant étroitement de la géologie locale.

Toutes ces roches présentent des aspects de surface très variés, aux nombreuses nuances de couleur, du rouille au bleu en passant par le vert, le violet ou le jaune.

II - PRODUCTION ET CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

Il s'agit essentiellement de petites productions locales, saisonnières ou à la demande assurée le plus souvent par des artisans, souvent des agriculteurs, qui font de la lauze une activité secondaire. Une autre source réside dans la récupération d'anciennes couvertures mais, à l'heure actuelle, cette possibilité commence à s'épuiser.

La production est surtout faite de lauzes sensiblement rectangulaires de dimension maximale 45 cm x 35 cm pour des épaisseurs allant de 1 à 1,5 cm. Dans certains cas favorables, on peut produire des lauzes plus grandes, jusqu'à 1 m x 0,80 m pour 3 à 4 cm d'épaisseur.

III - MARCHE - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

La lauze connaît un certain renouveau lié avant toute chose aux exigences locales de protection des sites et aux efforts de réhabilitation de l'habitat, en harmonie avec l'environnement. Il s'agit néanmoins d'un marché diffus, correspondant à une demande discontinue ce qui rend difficile une ouverture de carrière, qui n'est pas assurée d'un débouché régulier de la production.

Les principaux centres de production sont localisés dans les massifs montagneux, surtout le Massif central (Aveyron), les Alpes et la Corse.

IV - MISE EN OEUVRE

La pose des lauzes, si elle ne se distingue pas fondamentalement de celle des ardoises, nécessite néanmoins une charpente très importante qui doit supporter des charges considérables de l'ordre de 300 kg/m², pouvant aller jusqu'à 600 kg/m². Ceci augmente le prix de la confection d'une toiture en lauzes et restreint considérablement l'extension de l'utilisation de ce type de matériau, d'autant que certaines qualités d'ardoises, dite "rustiques", plus légères, peuvent avantageusement remplacer la lauze sans départir des exigences environnementales.

REFERENCES

- CENTRES D'ASSISTANCE TECHNIQUE 1985 ET DE DOCUMENTATION. - "Les couvertures - 2è édition". Doc. Franç. Bât., Pub. du Moniteur, Paris, 192 p.
- COURBES L., BRETON J.P. (1979) - "Memento substances utiles (matériaux de carrière). Ardoises et pierres ardoisières". Rap. BRGM 79 SGN 152 MTX.
- LE CORRE Cl. (1970) - "Bases méthodologiques pour la recherche ardoisière dans le Massif armoricain". Bull. Soc. Géol. Minér. Bretagne, Rennes, série C, T. II, n° 2, p. 73-87, 12 fig.
- ROZES B. (1981) - "Analyse de la formation des coûts des matériaux de carrière. Extraction et transformation du schiste ardoisier". Rap. BRGM 81 SGN 861 MTX.
- VINCENT E. (1978) - "L'ardoise". Rev. Ing., St-Etienne, n° 256, p. 5-10, 4 fig., 2 tabl.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 - Evolution de la production nationale d'ardoises de 1969 à 1985.
- Fig. 2 - Ardoisières de France.
- Fig. 3 - Classification approchée des matériaux ardoisiers.
- Fig. 4 - Kink-band ou "feuilleti" déformant la schistosité.
- Fig. 5 - Position relative de la fissilité et du longrain par rapport à la mégastructure.
- Fig. 6 - Principaux plans de clivage et quernage.
- Fig. 7 - Exemple fictif de densité de fracturation d'une formation schisteuse.
- Fig. 8 - Schéma de principe de l'exploitation par puits-bouteille.
- Fig. 9 - Méthodes d'exploitation en souterrain.
- Fig. 10 - Schéma d'exploitation par sciage au fil hélicoïdal.
- Fig. 11 - Régions de consommation d'ardoises en % du tonnage total.

LISTE DES TABLEAUX

- Tabl. 1 - Evolution de la production nationale de 1979 à 1986.
- Tabl. 2 - Evolution du chiffre d'affaires de 1980 à 1986.
- Tabl. 3 - Evolution des exportations d'ardoises de 1980 à 1986.
- Tabl. 4 - Evolution des importations d'ardoises de 1980 à 1986.
- Tabl. 5 - Normes de valeurs de charges de ruptures.
- Tabl. 6 - Normes A.S.T.M.

ARDOISES ANGERS-TRÉLAZÉ

Dénomination	Format H x L en mm	Épaisseur nominale en mm	Poids au 1000 en kg	Nombre d'ardoises au m² au crochet de 9 cm R 85 mm
Modèles traditionnels				
35 x 25 Angers-Trélazé	355 x 250	2,8	690	29,3
32 x 22 Angers-Trélazé	325 x 220	2,7	540	37,4
30 x 22 Angers-Trélazé Fine	300 x 220	2,6	450	41,7
30 x 22 Angers-Trélazé Forte	300 x 220	2,9	540	41,7
30 x 20 Angers-Trélazé	300 x 200	2,7	440	45,8
30 x 18 Angers-Trélazé	300 x 180	2,7	380	50,8
30 x 16 Angers-Trélazé	300 x 160	2,7	340	57,1
27 x 18 Angers-Trélazé	270 x 180	2,7	350	59,1
27 x 16 Angers-Trélazé	270 x 160	2,7	310	66,3
27 x 15 Angers-Trélazé	270 x 150	2,7	290	70,6
25 x 18 Angers-Trélazé	250 x 180	2,7	320	•
25 x 15 Angers-Trélazé	250 x 150	2,7	260	•
22 x 16 Angers-Trélazé	220 x 160	2,7	250	•
22 x 12 Angers-Trélazé	220 x 120	2,7	190	•
Modèles extra-forts				
46 x 30 E.F. Angers-Trélazé	460 x 300	3,8	1.500	21,4*
46 x 25 E.F. Angers-Trélazé	460 x 250	3,8	1.270	25,6*
40 x 25 E.F. Angers-Trélazé	405 x 250	3,8	1.100	24,7
40 x 20 E.F. Angers-Trélazé	405 x 200	3,8	870	30,8
35 x 25 E.F. Angers-Trélazé	355 x 250	3,8	950	29,3
35 x 20 E.F. Angers-Trélazé	355 x 200	3,8	720	36,5
30 x 20 E.F. Angers-Trélazé	300 x 200	3,8	610	45,8
Modèles carrés (4 pans de 5)				
36 x 36 4 P.5 Angers-Trélazé	355 x 355	3,8	1.280	•
33 x 33 4 P.5 Angers-Trélazé	325 x 325	3,8	1.050	•
30 x 30 4 P.5 Angers-Trélazé	300 x 300	3,8	890	•
Modèles historiques				
30 x 20 H1 Angers-Trélazé	300 x 200	4,5	760	45,8
30 x 18 H1 Angers-Trélazé	300 x 180	4,5	670	50,8
27 x 18 H1 Angers-Trélazé	270 x 180	4,5	600	59,1
30 x 20 H2 Angers-Trélazé	300 x 200	6,7	1.000	45,8
30 x 18 H2 Angers-Trélazé	300 x 180	6,7	900	50,8
27 x 18 H2 Angers-Trélazé	270 x 180	6,7	820	59,1
Modèles Galloise				
32 x 22 Galloise Angers-Trélazé	325 x 220	4,5	890	37,4
30 x 20 Galloise Angers-Trélazé	300 x 200	4,5	740	45,8
27 x 18 Galloise Angers-Trélazé	270 x 180	4,5	580	59,1
27 x 16 Galloise Angers-Trélazé	270 x 160	4,5	500	66,3

*Nombre d'ardoises au m² avec un recouvrement de 153 mm, crochet ondulé de 16 cm.

• Voir tableau des recouvrements pages 16 et 17.

ANNEXE II

Galiza et Ibéroise

Les ardoises GALIZA et IBEROISE sont des ardoises d'Espagne de 1^{er} choix provenant de carrières spécialement sélectionnées par les Ardoisières d'Angers sur des critères de qualité du schiste et de qualité de la fabrication.

Modèles courants								Modèles Extra-Forts			
Dimensions en cm	Epaisseur en mm	Poids au mille en kg	Nbre ardoises au m ² (1)	Dimensions en cm	Epaisseur en mm	Poids au mille en kg	Nbre ardoises au m ² (1)	Dimensions en cm	Epaisseur en mm	Poids au mille en kg	Nbre ardoises au m ² (1)
51 × 25	4,5	1 430	22	30 × 20	3,6	560	45,8	40 × 25	5	1 220	25,1
46 × 30	4,5	1 580	21,4	30 × 18	3,6	500	50,8	35 × 25	4,5	1 060	29,8
40 × 25	4,5	1 100	25,1	30 × 15	3,6	410	60,8	32 × 22	4,5	825	38,2
40 × 20	4,5	950	31,3	27 × 18	3,6	480	59,1	30 × 20	4,5	700	45,8
35 × 25	3,6	850	29,8	27 × 16	3,6	400	66,3	30 × 18	4,5	625	50,8
35 × 20	3,6	700	37,2	25 × 18	3,6	400	(2)	27 × 18	4,5	600	59,1
32 × 22	3,6	660	38,2	25 × 15	3,6	350	(2)				
30 × 22	3,6	620	41,7	22 × 16	3,6	300	(2)				

(1) Pour 51 × 25 et 46 × 30 : au crochet ondulé de 16 cm, recouvrement 15,3 cm
Pour autres modèles : au crochet de 9 cm - Recouvrement de 8,5 cm

(2) Voir tableau des recouvrements pages 16 et 17

(Document Ardoisières d'Angers)

Département	Localité	Type d'exploitation	Profondeur maximale	Epaisseur des couches	Couleur
Maine et Loire	Trélazé La Pouëze Combrée/ Bel Air	Souterrain	450 m	35 m	Gris bleu
Hte Savoie	Morzine	Souterrain	-	2,5/5 m	Gris à brun
Savoie	St Colomban de Villars	Souterrain	?	?	Bleu-noir
Htes Pyrénées	Labassère	Souterrain	90 m	20 et 15 m	Bleu noir/ gris noir
Tarn	Dourgne Lacaune	Ciel ouvert Ciel ouvert		60 m 5 + 8 + 3 + 7 m	Bleu noir et gris vert Bleu sombre rubanée

Annexe III - Caractéristiques d'ardoisières françaises

Ardoises

Origine de la documentation : « Le Moniteur ».

Précédente référence : supplément n° 2270 du 11-04-86.

Date d'application : voir en cours de rubrique.

Note du « Moniteur » : les tarifs des ardoises ayant été ramenés, nous publons ci-après le tarif antérieur (au 1^{er} février 1986) pour que les utilisateurs de cette rubrique puissent raccorder correctement les derniers prix aux précédents.

Conditions générales de vente :

prix au mille, hors TVA, par marchandises prises sur les exploitations, chargées en palettes sur wagon ou camion. Les livraisons de 20 tonnes et plus, bénéficient de l'envoi franco de port gare S.N.C.F.

DESIGNATION	Dimensions	Poids au mille	Prix au 01-02-86		Prix au 01-02-87	
			Zone A	Zones B et C	Zone A	Zones B et C
Modèles traditionnels	mm	kg	F	F	F	F
35 x 25 N	355 x 250	690	5 226	5 553	5 501	5 740
Grand modèle N	325 x 220	540	3 892	4 135	4 097	4 275
1 ^{re} carrée fine	300 x 220	450	3 509	3 728	3 694	3 854
1 ^{re} carrée forte	300 x 220	540	3 800	4 038	4 000	4 174
2 ^{re} carrée N	300 x 200	440	3 096	3 290	3 103	3 238
Grande moyenne	300 x 180	380	2 375	2 524	2 381	2 484
Petite moyenne	300 x 160	340	1 875	1 992	1 918	2 001
Moyenne	270 x 180	350	1 773	1 884	1 814	1 893
Flamande n° 1	270 x 160	310	1 687	1 792	1 725	1 800
Flamande n° 2	270 x 150	290	1 336	1 420	1 367	1 426
3 ^e carrée n° 1	250 x 180	320	1 420	1 506	1 452	1 515
3 ^e carrée n° 2	250 x 150	260	1 028	1 092	1 051	1 097
4 ^e carrée n° 1	220 x 160	250	889	945	910	949
4 ^e carrée n° 2	220 x 120	190	784	833	802	837
Modèles extra-forts						
46 x 30	460 x 300	1 500	10 362	11 009	11 023	11 502
46 x 25	460 x 250	1 270	8 575	9 111	9 122	9 518
40 x 25	405 x 250	1 100	6 962	7 397	7 406	7 728
40 x 20	405 x 200	870	5 728	6 086	6 093	6 358
35 x 25	355 x 250	950	5 645	5 996	6 005	6 266
35 x 20	355 x 200	720	4 655	4 946	4 952	5 167
30 x 20	300 x 200	610	3 388	3 600	3 604	3 761
Modèles carrés						
36 x 36 4 p. 5	355 x 355	1 280	9 464	10 056	9 961	10 394
33 x 33 4 p. 5	325 x 325	1 050	7 240	7 693	7 621	7 952
30 x 30 4 p. 5	300 x 300	890	5 553	5 900	5 845	6 098
Modèles historiques						
N° 12 H1	300 x 200	760	4 586	4 873	4 879	5 090
Grande moyenne H1	300 x 180	670	3 724	3 957	3 962	4 134
Moyenne H1	270 x 180	600	2 956	3 140	3 145	3 281
N° 12 H2	300 x 200	1 000	7 609	8 084	8 094	8 446
Grande moyenne H2	300 x 180	900	6 453	6 857	6 865	7 163
Moyenne H2	270 x 180	820	5 314	5 647	5 653	5 899
Modèles Galloise						
32 x 22 Galloise	325 x 220	890	4 416	4 692	4 696	4 902
30 x 20 Galloise	300 x 200	740	3 639	3 866	3 871	4 039
27 x 18 Galloise	270 x 180	580	2 589	2 750	2 754	2 874
27 x 16 Galloise	270 x 160	500	2 226	2 365	2 368	2 471
Ardoises économiques						
30 x 20 Manoir	300 x 200	750	2 833	3 010	3 014	3 145
32 x 22 Eco, 2 ^e choix	325 x 220	580	2 576	2 737	2 682	2 694
30 x 22 Eco, 2 ^e choix	300 x 220	500	2 343	2 490	2 277	2 375
30 x 18 Eco, 2 ^e choix	300 x 180	410	1 769	1 880	1 719	1 794

Délimitation des zones :

Zone A : 14 Calvados ; 18 Cher ; 22 Côtes-du-Nord ; 27 Essai ; 28 Essai-et-Loire ; 29 Finistère ; 35 Ile-et-Villaine ; 36 Indre ; 37 Indre-et-Loire ; 41 Loir-et-Cher ; 44 Loire-Atlantique ; 45 Loiret ; 49 Maine-et-Loire ; 50 Manche ; 53 Mayenne ; 56 Morbihan ; 61 Orne ; 72 Sarthe ; 76 Seine-Maritime ; 78 Deux-Sèvres ; 85 Vendée ; 86 Vienne. **Zone B :** 75 Paris ; 77 Seine-et-Marne ; 78 Yvelines ; 91 Essonne ; 92 Hauts-de-Seine ; 93 Seine-Saint-Denis ; 94 Val-de-Marne ; 95 Val-d'Oise. **Zone C :** tous les autres départements.

Prix de Modèles d'Ardoises

(Source : Supplément n° 2331 du "Moniteur" du 8 janvier 1988).

