

30
Roc 436

30 الأمم المتحدة
الصندوق الخاص لمنظمة التنمية والزراعة



NATIONS UNIES
Fonds Spécial / FAO

الجمهورية اللبنانية
المشروع الأخضر

REPUBLIQUE LIBANAISE
PLAN VERT

مشروع إنشاء المناطق الجبلية اللبنانية - إعداد وأبحاث مرحلية
PROJET DE BONIFICATION INTEGRALE DE LA MONTAGNE LIBANAISE
FORMATION ET RECHERCHES FORESTIERES

المشروع الأخضر
الرقم 436
تاريخ الورد 19/11/74

GUIDE PRATIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX
DE PROTECTION ET D'AMELIORATION DES SOLS

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

République Libanaise
Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P.)

Roche MFN = 302

P36
ROC
30

GUIDE PRATIQUE D'EXECUTION DES TRAVAUX
DE PROTECTION ET D'AMELIORATION DES SOLS

D.I. ROCHE
Expert F.A.O.

Beyrouth, Juin 1965

TABLE DES MATIERES

Bibliographie consultée	Pages
Avant Propos	1

PREMIERE PARTIE

CONSTRUCTION DES TERRASSES EN ESCALIER

Chapitre I.	Implantation des terrasses	3
Chapitre II.	Terrassement pour la construction des terrasses	8

DEUXIEME PARTIE

OUVERTURE DES BANQUETTES

		13
Chapitre I.	Implantation d'un réseau de banquettes	13
Chapitre II.	Terrassement pour la construction de banquettes	17
Chapitre III.	Autres types de terrassements de D.R.S.	26

TROISIEME PARTIE

LES COLLECTEURS OU EXUTOIRES - LEUR AMENAGEMENT

Chapitre I.	Motions d'hydraulique torrentielle	33
Chapitre II.	Principes de la correction des torrents	34
Chapitre III.	Caractéristiques et types de barrages	36

QUATRIEME PARTIE

L'ENTRETIEN DES TRAVAUX DE D.R.S.

CINQUIEME PARTIE

L'ORGANISATION DES CHANTIERS

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

- Benôit de Coignac R. Cours de Défense et Restauration des sols - Alger
- Jourdan H. La lutte contre l'érosion et l'amélioration des sols au Liban - Beyrouth 1966
- Plantié L. Technique française algérienne des banquettes de défense et de restauration des sols - Alger 1961
- Putod R. Moyens complémentaires de lutte contre l'érosion - Alger 1962
- Saccardy L. Notes sur le calcul des banquettes de restauration des sols - Alger 1950
- Service de la Conservation des sols des Etats-Unis :
Manuel de conservation du sol - 1950

*

* *

A V A N T - P R O P O S

Toute oeuvre de quelque importance nécessite un plan de travail.

Ce plan comprend une étude préliminaire, une conception des travaux à réaliser et une matérialisation de ces travaux sur le terrain.

En matière d'aménagement des sols :

- l'étude préliminaire porte sur la reconnaissance générale du terrain - climat - relief - pente - nature du sol - cultures envisagées -
- la conception des travaux concerne le type d'ouvrages à réaliser
- la matérialisation se manifeste avant tout par le piquetage .

LE PIQUETAGE

Il doit répondre aux critères suivants :

- 1 - Etre effectué rapidement et au meilleur prix, par l'emploi de matériaux simples trouvés commodément dans la région,
- 2 - Etre aussi visible que possible - Les matériaux utilisés peuvent

En terrain broussailleux

- des piquets et des jalons de longueurs suffisantes pour dépasser les plus hauts fourrés, et peints avec des couleurs vives.

- des roseaux ou canne de Provence

En terrain nu

outre les matériaux déjà cités, on peut jalonner les emplacements d'ouvrages par de petits tas de pierres de 0m, à 0m,40 de hauteur, blanchis à la chaux.

PREMIERE PARTIE

CONSTRUCTION DES TERRASSES EN ESCALIER

La logique, l'économie et même l'esthétique, voudraient que les terrasses fussent construites suivant les courbes de niveau. La routine et certaines idées préconçues en décident parfois autrement.

Quoiqu'il en soit, l'Administration, se mettant au service du propriétaire particulier, se voit obligée, dans une certaine mesure, d'accéder à ses désirs, si elle n'est pas à même de le persuader d'agir différemment.

Il convient donc pour être complet, d'étudier :

- 1 - la construction des terrasses suivant les courbes de niveau,
- 2 - la construction des terrasses à contours rectilignes,

L'une et l'autre ne présentent pas de difficultés particulières C'est une simple question :

- d'adaptation à une évolution future,
- de volumes de terrassement,
- de prix de revient.

Nous éliminerons le point de vue esthétique, trop lié à l'optique de chacun.

CHAPITRE I

IMPLANTATION D'UN RESEAU DE TERRASSES

A - TERRASSES CONSTRUITES SUIVANT LES COURBES DE NIVEAU.

Ce n'est pas autre chose que des banquettes de grande largeur et, d'une façon générale, les règles exposées dans la 2ème partie ci-après s'appliquent à la construction des terrasses en courbes de niveau.

On peut être amené à se fixer une hauteur limite de mur ou de talus ou au contraire à choisir une largeur donnée de terrasse, notamment pour la plantation d'arbres fruitiers. Dans ce dernier cas, la pente plus ou moins forte impose cependant plusieurs catégories de largeur permettant la plantation de 1, 2, 3 rangées d'arbres ou plus.

Les figures 1 et 2 schématisent le profil en travers des terrasses à dénivelée constante ou à largeur constante.

Les tableaux qui suivent indiquent les différentes caractéristiques des terrasses en fonction de leurs dimensions et de la pente du terrain.

La construction de terrasses à talus naturel impose une dénivellation aussi réduite que possible et qui ne devrait jamais dépasser 2 mètres. Le canevas des ouvrages doit tenir compte de l'emplacement occupé par le talus de remblai à 100%, nécessaire à la bonne tenue des terres (fig. 3).

B - TERRASSES A CONTOURS RECTILIGNES.

Un plan côté du terrain fournit à l'ingénieur les éléments nécessaires pour déterminer les dimensions et l'emplacement des terrasses sur le terrain, ainsi que le tracé des chemins de desserte.

A partir d'une ligne de base bien définie, le tracé est fonction des données que l'on se fixe pour la construction des ouvrages.

Une compensation des profils en long donnés par le plan côté permet l'établissement d'un profil en travers moyen qui ramène aux schémas des figures 1, 2 et 3 et aux données des tableaux qui suivent.

LARGEUR (D)	10		9		8		7		6		5		4	
	Pente %	(P)												
5	0,625	0,50	0,506	0,45	0,400	0,40	0,306	0,35	0,225	0,30	0,156	0,25	0,100	0,20
6	0,750	0,60	0,607	0,54	0,480	0,48	0,367	0,42	0,270	0,36	0,187	0,30	0,120	0,24
7	0,875	0,70	0,708	0,63	0,560	0,56	0,428	0,49	0,315	0,42	0,231	0,35	0,140	0,28
8	1,000	0,80	0,809	0,72	0,640	0,64	0,490	0,56	0,360	0,48	0,250	0,40	0,160	0,32
9	1,125	0,90	0,911	0,81	0,720	0,72	0,551	0,63	0,405	0,54	0,281	0,45	0,180	0,36
10	1,250	1,00	1,012	0,90	0,800	0,80	0,612	0,70	0,450	0,60	0,312	0,50	0,200	0,40
11	1,375	1,10	1,115	0,99	0,880	0,88	0,673	0,77	0,495	0,66	0,343	0,55	0,220	0,44
12	1,500	1,20	1,215	1,08	0,960	0,96	0,735	0,84	0,540	0,72	0,375	0,60	0,240	0,48
13	1,625	1,30	1,316	1,17	1,040	1,04	0,796	0,91	0,585	0,78	0,406	0,65	0,260	0,52
14	1,750	1,40	1,417	1,26	1,120	1,12	0,857	0,98	0,630	0,84	0,437	0,70	0,280	0,56
15	1,875	1,50	1,518	1,35	1,200	1,20	0,918	1,05	0,675	0,90	0,468	0,75	0,300	0,60
16	2,000	1,60	1,620	1,44	1,280	1,28	0,980	1,12	0,720	0,96	0,500	0,80	0,320	0,64
17	2,125	1,70	1,721	1,53	1,360	1,36	1,041	1,19	0,765	1,02	0,531	0,85	0,340	0,68
18	2,250	1,80	1,822	1,62	1,440	1,44	1,102	1,26	0,810	1,08	0,562	0,90	0,360	0,72
19	2,375	1,90	1,923	1,71	1,520	1,52	1,163	1,33	0,855	1,14	0,593	0,95	0,380	0,76
20	2,500	2,00	2,025	1,80	1,600	1,60	1,225	1,40	0,900	1,20	0,625	1,00	0,400	0,80
21	2,625	2,10	2,126	1,89	1,680	1,68	1,286	1,47	0,945	1,26	0,656	1,05	0,420	0,84
22	2,750	2,20	2,227	1,98	1,760	1,76	1,347	1,54	0,990	1,32	0,687	1,10	0,440	0,88
	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

(H) Hauteur des murs (1)

(V) Volume des terrassements (2)

LARGEUR (D)	10		9		8		7		6		5		4	
	Pente % (P)													
	2,875	2,30	2,328	2,07	1,840	1,84	1,408	1,61	1,035	1,38	0,718	1,15	0,460	0,
	3,000	2,40	2,450	2,16	1,920	1,92	1,470	1,68	1,080	1,44	0,750	1,20	0,480	0,
	3,125	2,50	2,531	2,25	2,000	2,00	1,531	1,75	1,125	1,50	0,781	1,25	0,500	1,
			2,632	2,34	2,080	2,08	1,592	1,82	1,170	1,56	0,812	1,30	0,520	1,
			2,733	2,43	2,160	2,16	1,653	1,89	1,215	1,62	0,843	1,35	0,540	1,
			2,835	2,52	2,240	2,24	1,715	1,96	1,260	1,68	0,875	1,40	0,560	1,
					2,320	2,32	1,776	2,03	1,305	1,74	0,906	1,45	0,580	1,
					2,400	2,40	1,837	2,10	1,350	1,80	0,937	1,50	0,600	1,
					2,480	2,48	1,898	2,17	1,395	1,86	0,968	1,55	0,620	1,
					2,560	2,56	1,960	2,24	1,440	1,92	1,000	1,60	0,640	1,
							2,021	2,31	1,485	1,98	1,051	1,65	0,660	1,
							2,082	2,38	1,530	2,04	1,062	1,70	0,680	1,
							2,143	2,45	1,575	2,10	1,093	1,75	0,700	1,
							2,205	2,52	1,620	2,16	1,125	1,80	0,720	1,
									1,665	2,22	1,156	1,85	0,740	1,
									1,710	2,28	1,167	1,90	0,760	1,
									1,755	2,34	1,218	1,95	0,780	1,
									1,800	2,40	1,250	2,00	0,800	1,
	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	

(H) Hauteur des murs (1)

(V) Volume des terrassements (2)

LARGEUR (D) Pente%	17		16		15		14		13		12		11	
5	1,896	0,85	1,600	0,80	1,406	0,75	1,225	0,70	1,056	0,65	0,900	0,60	0,756	0,55
6	2,167	1,02	1,920	0,96	1,687	0,90	1,470	0,84	1,267	0,78	1,080	0,72	0,907	0,65
7	2,528	1,19	2,240	1,12	1,968	1,05	1,715	0,98	1,478	0,91	1,260	0,84	1,058	0,77
8	2,890	1,36	2,560	1,28	2,250	1,20	1,950	1,12	1,690	1,04	1,440	0,96	1,210	0,88
9	3,251	1,53	2,880	1,44	2,531	1,35	2,205	1,26	1,901	1,17	1,620	1,08	1,361	0,99
10	3,612	1,70	3,200	1,60	2,812	1,50	2,450	1,40	2,112	1,30	1,800	1,20	1,512	1,10
11	3,973	1,87	3,520	1,76	3,093	1,65	2,695	1,54	2,323	1,43	1,980	1,32	1,663	1,21
12	4,335	2,04	3,840	1,92	3,375	1,80	2,940	1,68	2,535	1,56	2,160	1,44	1,815	1,32
13	4,696	2,21	4,160	2,08	3,656	1,95	3,185	1,83	2,746	1,69	2,340	1,56	1,966	1,43
14	5,057	2,38	4,480	2,24	3,937	2,10	3,450	1,96	2,957	1,82	2,520	1,68	2,117	1,54
15	5,418	2,55	4,800	2,40	4,218	2,25	3,675	2,10	3,168	1,95	2,700	1,80	2,268	1,65
16			5,120	2,56	4,500	2,40	3,920	2,24	3,580	2,08	2,880	1,92	2,420	1,76
17					4,781	2,55	4,165	2,38	3,591	2,21	3,060	2,04	2,571	1,87
18							4,410	2,52	3,802	2,34	3,240	2,16	2,722	1,98
19									4,013	2,47	3,420	2,28	2,873	2,09
20											3,600	2,40	3,025	2,20
21											3,780	2,52	3,176	2,31
22													3,327	2,42
	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

(H) Hauteur des murs (1)

(V) Volume des terrassements (2)

LARGEUR (D)		24	23	22	21	20	19	18	
Pente % (P)	5	3,600	3,306	3,025	2,756	2,500	2,256	2,025	
	6	4,320	3,967	3,630	3,307	3,000	2,707	2,430	
	7	5,040	4,628	4,235	3,858	3,500	3,158	2,835	
	8	5,760	5,290	4,840	4,410	4,000	3,610	3,240	
	9	6,480	5,951	5,445	4,961	4,500	4,061	3,645	
	10	7,200	6,612	6,050	5,512	5,000	4,512	4,050	
	11		7,273	6,655	6,063	5,500	4,963	4,455	
	12				6,615	6,000	5,415	4,860	
	13						5,866	5,265	
	14							5,670	
	LARGEUR (D)			30	29	28	27	26	25
	Pente % (P)	5		5,625	5,256	4,900	4,556	4,225	3,906
		6		6,750	6,307	5,880	5,467	5,070	4,687
		7		7,875	7,358	6,860	6,378	5,915	5,468
8			9,000	8,410	7,840	7,290	6,760	6,250	
9					8,820	8,201	7,605	7,051	
10								7,812	
		2	1	2	1	2	1	2	

(H) Hauteur des murs (1)

(V) Volume des terrassements (2)

CHAPITRE II

TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Ce chapitre comprend deux parties. On examinera successivement

- I - Le matériel mécanique nécessaire pour exécuter les travaux de terrassement.
- II- La confection des terrasses.

I - LE MATERIEL MECANIQUE

L'exécution des terrassements pour la construction des terrasses nécessite la mise en oeuvre d'un matériel puissant et adapté aux conditions souvent difficiles de travail. A ce gros matériel, doivent être adjoints des engins plus modestes destinés à des tâches moins rudes mais primordiales.

On distinguera donc, d'une part le matériel destiné aux gros terrassements et aux dérochages, d'autre part, les engins utilisés à des travaux de moindres amplitudes mais dont l'exécution correcte conditionne l'utilisation et la durée des ouvrages.

A -- LE MATERIEL DE GROS TERRASSEMENT.

Il est constitué par :

- a) des tracteurs à chenilles ou à roues de grande puissance (200 à 235 CV) équipés d'un bull-dozer à l'avant et d'un ripper pour l'arrière avec une pelle à trois dents à l'arrière - L'ensemble des équipements est à relevage hydraulique. Le rendement de ces tracteurs est bon lorsque les transports de terre ne doivent pas dépasser 50 à 60 mètres.

- b) des compresseurs, alimentant un ou plusieurs marteaux perforateurs pour percer des trous de mine. Ce matériel est indispensable dans les terres rocheuses.
- c) des motor-graders ou niveleuses automotrices -
Dans les sols profonds, peu rocheux, l'efficacité et le rendement de ces engins sont certains, grâce à leur lame orientable dans tous les plans et à leur vitesse d'exécution; lorsque la lame est placée perpendiculairement au sens du travail, le motor-grader fonctionne en niveleuse; la lame déportée sur le côté, il profile les talus et permet d'ouvrir et de nettoyer les fossés.

B - LE MATERIEL DE FINITION ET DE NIVELLEMENT.

Il est constitué par :

- a) des tracteurs à chenilles ou à roues de moyenne puissance (75 à 100 CV), munis à l'avant d'un équipement interchangeable : lame bull ou en angle-dozer et rock-rake.

Suivant le travail à effectuer, l'équipement adapté sera mis en place pour l'épierreage, le rock-rake, pour le nivellement, la lame pleine.

Le peu d'encombrement, la maniabilité de ces tracteurs et leur coût horaire peu élevé permettent une finition plus poussée des terrasses. Travaillant en équipe avec le tracteur de 200 à 235 CV, le rendement s'en trouve amélioré et le prix de revient des travaux diminué.

- b) enfin, les niveleuses automotrices, permettent également la finition des travaux.

II - LA CONFECTION DES TERRASSES

Avant tout autre travail, chaque fois que des chemins de dessert sont prévus, il faut commencer par leur construction. Ce n'est qu'ensuite que les travaux de confection des terrasses débiteront.

Le processus d'exécution est en général le suivant à quelques variantes près, dues surtout à la nature des terrains à travailler.

A - DECAPAGE ET MISE DE COTE DE LA TERRE ARABLE

Cette opération ne se justifie que lorsque l'épaisseur de bonne terre est suffisante et que l'on veut éviter qu'elle ne disparaisse en se mélangeant à une trop grande quantité de sous-sol infertile.

La terre est décapée et amassée par le tracteur à l'une des extrémités de la terrasse. Le ou les tas doivent être disposés de façon à ne pas entraver la bonne marche des autres opérations de terrassement.

B - RIPPAGE - DEROCAGE ET TERRASSEMENT

Ces trois opérations qui sont effectuées par le même tracteur, bien que techniquement différentes, sont en réalité intimement liées. Les différencier chronologiquement dans l'ordre d'exécution est en pratique impossible; le passage d'une technique à l'autre dépendant uniquement de la nature du sol.

Dans un terrain moyennement rocheux, on peut néanmoins envisager l'ordre d'exécution des travaux de la façon suivante :

- a) Rippage simple ou mieux, croisé, chaque fois que les dimensions des ouvrages rendent cette dernière opération possible,
- b) Dérochage et enlèvement à l'aide de la lame du tracteur des rochers et des grosses pierres ébranlés par le passage du ripper ou pour les roches en place, disloquées par les explosifs. Afin de faciliter ce travail, une équipe de deux à trois ouvriers, munis de pioches et de barres à mine suivent le tracteur.

Le dépôt de ces rochers pose un problème difficile à résoudre quand la quantité à ranger est trop grande. Ils peuvent être entassés soit en bordure des chemins et aux extrémités de la terrasse, soit à la limite inférieure de cette dernière; mais à cet emplacement un amas trop imposant procurerait une gêne au propriétaire et entraînerait pour celui-ci une dépense élevée de main d'oeuvre lors de la construction du mur de soutènement.

En aucun cas les rochers ne devront être poussés d'une terrasse sur l'emplacement de la suivante. Cette façon de procéder, entraînerait sa répétition, outre une accumulation énorme de rochers à la fin des travaux, des pertes de temps importantes et inutiles.

Une bonne solution serait que le propriétaire vende ou cède au fur et mesure cette pierre à des entreprises de travaux publics (construction de routes, etc...) en se réservant les quantités nécessaires à la construction des murs et au blocage des chemins d'exploitation. Malheureusement, cette solution est loin d'être applicable à chaque chantier.

C) Terrassement : le tracteur effectue le nivellement d'ensemble de chaque terrasse, en creusant en amont du piquet d'axe et en comblant à l'aval de celui-ci jusqu'au repère délimitant la limite inférieure de la plate-forme. Il commence par les transports les plus lointains et les plus importants par exemple comblement d'une dépression, pour finir par une régularisation approximative des terres.

Le chauffeur de tracteur peut surveiller l'avancement de son travail comparant la hauteur connue du talus amont avec la hauteur de la lame de son tracteur.

En résumé, les différentes opérations décrites ci-dessus se succèdent dans un ordre qui est dicté par la nature du sol et les difficultés rencontrées en cours d'exécution : ameublissement du sol - élimination des roches mises à jour - terrassement et ainsi de suite jusqu'à l'obtention approximative du profil désiré.

C - ÉPIERRAGE

Une fois que le profil d'ensemble de la terrasse a été obtenu et après l'ameublissement du sol, si la quantité de pierres restant en surface est importante, on passe à l'épierrage.

Ce travail peut être effectué par le même tracteur utilisé au terrassement et équipé d'un rock-rake, mais il apparaît préférable d'utiliser un tracteur plus petit à chenilles ou à roues pour des raisons de maniabilité (dimensions de l'engin), d'économie (coût de l'heure) et de technique (tassement du sol par les chenilles - "ratissage" plus complet des pierres par suite du plus faible écartement des dents du rateau).

Le tracteur commence l'épierrage en bout de terrasse et effectue son travail par tranches de la largeur du rock-rake. Celui-ci est enfoncé dans le sol ameubli et roule devant lui les rochers et les pierres. Le chauffeur élimine le maximum de terre en donnant au rock-rake un mouvement d'oscillation de peu d'amplitude mais saccadé.

Le "roulage" des pierres doit se faire sur de courtes distances (10 à 15 mètres maximum) et, chaque fois que celle-ci le permet, dans le sens de la largeur de la terrasse avec dépôt de la rocaille sur la limite inférieure. Si le travail est effectué dans le sens de la longueur, des séries de tas ou de cordons sont constitués. Leur enlèvement peut se faire soit à la pelle mécanique, soit manuellement par des équipes d'ouvriers munis de paniers métalliques ou fabriqués à l'aide de pneumatiques usagés.

Dans le cas de chantiers importants, nécessitant des transports sur de assez longues distances, l'utilisation de traineaux ou de remorques tirés par de petits tracteurs est indispensable.

En pratique, il ne faut pas attendre de cette opération mécanique d'épierrage un "ratissage" total des pierres existantes; l'intervention humaine doit finir le gros de l'oeuvre effectué par la machine.

D - EPANDAGE REGULIER DE LA TERRE ARABLE

Ce travail n'est exécuté que si l'opération N° 1 a été effectuée :

E - NIVELLEMENT FINAL

Il est avantageusement effectué par le même tracteur qui a fait l'épierreage et, en terrain peu rocheux, par la niveleuse automotrice.

Cette opération finale est d'une grande importance pour l'irrigation et la tenue ultérieure des terrasses. Elle devra être particulièrement soignée pour les ouvrages construits sur les sols imperméables ou avec des talus naturels.

La pente longitudinale et la contre-pente de chaque terrasse sont soigneusement vérifiées à l'aide du clisimètre ou mieux du niveau et au moyen de nivelettes.

Les points défectueux sont jalonnés à l'aide de piquets plus ou moins enfoncés, de façon à ce que la tête de chacun d'eux corresponde exactement à la cote définitive de la terrasse.

Les piquets restent en place à titre de contrôle et pour permettre au propriétaire d'effectuer les dernières retouches, après la construction des murs de scutènement.

F - CAS PARTICULIER

Dans les chantiers peu importants où l'on ne dispose que d'un seul tracteur, il est difficile d'exécuter toutes les opérations décrites ci-dessus.

Dans ce cas, le tracteur, après le nivellement d'ensemble, effectue un défoncement du sol à la lame, en opérant de la façon suivante :

- Marche avant : la lame est enfoncée dans le sol à la profondeur désirée, le soulève et le retourne,
- légère marche arrière et à nouveau retournement du sol avec la

Ces manoeuvres : marche avant, défoncement à la lame, marche arrière sont répétées sur toute la surface de la terrasse.

Elles ont pour but d'assurer l'obtention d'un terrain ameubli et de éviter le tassement du sol et l'enfouissement des pierres par les chenilles. La surface des terrasses présente alors un aspect ondulé et le propriétaire, avant la mise en exploitation, doit effectuer l'épierreage et le régalaage de celles-ci.

DEUXIEME PARTIE

OUVERTURE DES BANQUETTES

CHAPITRE I

I - IMPLANTATION D'UN RESEAU DE BANQUETTES CONTINUES

L'Ingénieur ayant choisi le type de la banquette, ainsi que l'dénivelée et la pente en long, l'agent chargé du chantier procède à l'imp
tation sur le terrain des futurs ouvrages,

Il doit résoudre le problème suivant : tracer des lignes de p
données, séparées par des différences de niveau ou dénivelées fixées à l'

Soit un versant compris entre une crête AB, un thalweg CD (fi
et 3 ravins R, R', R'', choisis comme collecteurs espacés de moins de 800

1 - TRACE A PARTIR DES EXUTOIRES

a) Fixation de la base

On choisit dans le lit du collecteur central R un point M qui sensiblement le milieu entre la crête et le thalweg.

De ce point M par un cheminement horizontal on parvient au collecteur R' et on matérialise le point M'. On opère de même pour matérialiser le point M'' dans le ravin M''. On obtient ainsi une base horizontale matérialisée par les trois points M' M M''.

b) Matérialisation des différences de niveau ou des dénivelées

Revenu au point M, à la dénivelée fixée, en remontant le ravin on matérialise les points E F G, etc... jusqu'à la crête. On opère même jusqu'au bas du versant (points H - I - J - K - etc...). Les mêmes mesures sont effectuées dans les ravins M' et M'' (points E' - G' - etc... - E'' - F'' - G'' - etc...)

c) Tracé des banquettes continues

A partir d'un point quelconque matérialisé dans le ravin central (en pratique, il faut toujours débiter par le point le plus haut), on trace avec la pente positive choisie les lignes MM1 - EE1 - FF1 - GG1 et EE2 - FF2 - GG2 - etc...), en prenant soin que la longueur de ces lignes soit égale à peu près à la moitié de la distance séparant les collecteurs R et R' - R et R''.

A partir des points E' - F' - G', etc... on trace les lignes E'E1 - F'F1 - G'G1, etc..., qui viennent couper les lignes déjà tracées EE1 - FF1 - GG1 - etc... en des points situés exactement à égale distance des collecteurs R et R'.

On opère de la même façon à partir des points E'' - F'' - G'', et situés dans le ravin R''.

Dans le cas où les travaux doivent se continuer de part et d'autre des ravins R' et R'', on opère de la même façon : matérialisation de la base M'' dans le ravin R'' - mesures de la dénivelée (points E'' - F'' - G'' etc...) et tracé des banquettes.

Avantages :

- Ce procédé de tracé donne aux banquettes une continuité parfaite poursuivie à travers les exutoires.
- Assure tout au long du tracé, le maintien de la dénivelée à un sensiblement constant.

Inconvénients :

- Le cheminement dans les ravins est parfois difficile et la visibilité mauvaise.

d) Tracé des banquettes alternées sur les croupes (fig. 5)

Le processus d'exécution est analogue à celui décrit au paragraphe précédent. A partir de la base horizontale, il suffit de piqueter dans les ravins R' et R" des points E' et E", distants entre eux d'une demi-dénivelée ($h/2$). Partant de ces points, on trace les lignes de E'E'1 - F'F'1 - etc... Dans le ravin central R, on garde au contraire la dénivelée fixée h.

2 - TRACE A PARTIR DES CROUPES

Dans ce procédé de tracé, le point de départ est pris sur la croupe séparant deux ravins. Quand nous devons traiter un versant comprenant plus de croupes, les différentes opérations de nivellement sont sensiblement les mêmes que dans le cas du tracé à partir des exutoires : matérialisation de la ligne de base horizontale à partir de points pris sur la croupe - mesure des dénivelées et tracés des lignes de pente vers les exutoires (pentes négatives).

Avantages :

- Ce procédé de tracé est plus rapide, car la visibilité est meilleure et les points de stationnement moins nombreux, surtout pour la matérialisation de la ligne de base horizontale.

Inconvénients :

- Les banquettes sont discontinues aux exutoires, par suite des fortes pentes et des longueurs des tracés de la croupe aux exutoires.
- La continuité des banquettes ne peut être assurée que par des ouvrages à pente irrégulière ou à dénivelée irrégulière.

Ce second procédé n'est à adopter que dans les régions montagneuses et accidentées ou quand les ravins sont trop abrupts et très embroussaillés.

2 - IMPLANTATION DES GRADINS EN ELEMENTS

La mise en place d'éléments de gradins est la même, qu'ils soient destinés à supporter un reboisement ou un gazonnement.

a) En sol non rocheux

La meilleure méthode est celle qui consiste à associer des gradins continus avec des éléments de gradins. (fig. 6)

L'intervalle entre deux éléments de gradin ou entre un gradin continu et un élément de gradin est de $h/2$, où h est la dénivelée courante fournie par la formule SACCARDY.

En pratique, cette méthode permet de doubler la dénivelée courante.

Exemple :

Pour une pente donnée (50%), la formule Saccardy donne une déniv. de 5 mètres. Avec l'emploi en interbande d'éléments de gradins à dénivelée $h/2$ ($5/2 = 2$ mètres, 50), on peut porter la dénivelée h à 10 mètres.

Dans la pratique, les éléments de gradins seront disposés en quinconce, entre deux rangées successives

Avantages :

- Répartition plus homogène et plus dense des travaux de terrassement sur lesquels seront plantés les arbres forestiers.
- Assurance d'une infiltration abondante, grâce aux éléments.
- Eviction du danger de débordement, grâce aux gradins continus.

b) En sol rocheux

Il n'est plus possible alors d'installer des gradins continus. On se borne, soit à construire des éléments de gradins seuls, soit à remplacer les gradins continus par des murettes de 0mètre,40 à 0m,50 de haut, qui se colmatent peu à peu en amont et diminuent la vitesse des eaux de ruissellement.

3 - RESORBTION DES SINUOSITES

Dans les terrains difficiles, le tracé au niveau d'une ligne de épouse toute les formes du relief. Lors de l'exécution des travaux, suivre cette courbe entrainerait l'ouverture de banquettes trop tortueuses.

Des courbes trop prononcées et trop nombreuses nuiraient à l'utilisation commode des engins mécaniques, soit lors de l'entretien des banquettes, soit lors des travaux culturaux courants.

Il est donc nécessaire de réduire les sinuosités du tracé exact en déplaçant les piquets vers l'amont ou vers l'aval. Il faut toujours prendre soin que chaque déplacement de terre dans un sens, soit rigoureusement compensé dans l'autre sens (fig. 7).

Le tracé est alors matérialisé sur le terrain par un passepiéd qui se trouve parfois en remblai (A), parfois en déblai (B).

Les rectifications qui entraineraient l'exécution de trop de passepieds en remblai sont à éviter, car il est très difficile d'apprécier les tassements de terre. Les banquettes rectifiées de cette façon sont à surveiller particulièrement, jusqu'au tassement définitif.

CHAPITRE II

TERRASSEMENTS POUR LA CONSTRUCTION DE BANQUETTES

L'exécution des terrassements pour la construction d'un réseau de banquettes présente des difficultés certaines si l'on veut obtenir :

- d'une part, une finition technique correcte,
- d'autre part, un prix de revient pas trop élevé.

Suivant la pente du terrain, les moyens utilisés peuvent varier

- A partir de 45% à 50%, il faut faire appel aux ouvriers avec pelle et pioche.
- Au dessous de 45% et particulièrement dans les pentes moyennes faibles, au contraire, la mécanisation du travail devra être poussée au maximum.

Le matériel mécanique utilisé comprend :

- Des tracteurs de 45CV à 230CV, équipés d'un angle-dozer et d'un ripper porté ou tracté (rocter).
- Des motor graders ou niveleuses automotrices.

L'utilisation du ripper (ou rocter) est pratiquement constante, soit pour préparer le terrain avant l'ouverture des banquettes et pour défoncer le sol à l'emplacement des bourrelets, soit pour aplanir le replat de la banquette à sa finition.

Le piquetage du tracé et l'exécution des terrassements s'effectuent suivant différentes méthodes.

Quels que soient le piquetage et le mode d'exécution des terrassements, le nivellement longitudinal de la banquette doit toujours être soigneusement vérifié à la finition et les débouchés sur les exécutoires assurés.

* * *

Le tracé effectué suivant les méthodes décrites dans le chapitre précédent, il reste à confectionner la banquette ABCDEF, représentée schématiquement par la figure 8.

Suivant le cas, le tracé aura été effectué :

- 1° - Par le point H : Tracé par le haut,
- 2° - Par le point C : Tracé par le bas,
- 3° - Par le point M : Tracé sous le bourrelet,
- 4° - Par le point F : Tracé au pied du bourrelet.

I - EXECUTION DES TERRASSEMENTS A PARTIR DU TRACE PAR LE HAUT

Dans ce tracé, la hauteur verticale du talus h est la donnée constante. Le tracé H est le point d'attaque du terrassement :

la largeur l du fond de la banquette est donnée par la formule

$$l = \frac{h}{p} \quad \text{ou} \quad \frac{h = \text{hauteur verticale du talus (constante)}}{p = \text{pente en travers du terrain (variable)}}$$

En pratique, sur le chantier, les travaux de terrassement s'exécutent de la façon suivante :

1 - BANQUETTE A PROFIL NORMAL

A - Travail au petit outillage (pelle et pioche) (fig. 9)

Le chef de chantier fait ouvrir le fossé HEGI à la profondeur h choisie et à la largeur d'une pelle (environ 0m,40) (schéma 1), la terre est rejetée en CDEF à une distance égale à l, déterminée par calcul (formule $l = h/p$).

Puis il fait façonner le plat IGC (schéma 2) et le talus (schéma 3) la terre étant toujours rejetée en CDEF pour former le bourrelet, et donner à la banquette son profil définitif (schéma 4).

Avantages :

- Si le tracé a été fait correctement, le nivellement définitif de la banquette sera toujours bon,
- N'importe quel ouvrier est capable de vérifier si à partir du tracé il est bien descendu à la profondeur h fixée.

Inconvénient :

Il est d'importance, la largeur de la banquette varie avec la pente du terrain - Elle diminue si la pente devient plus forte ou vice-versa.

Remède :

Dans un terrain très mouvementé, le chef de chantier peut décider afin d'éviter des variations trop fortes de la largeur de la banquette

- a) Soit un changement de profondeur du fossé afin d'augmenter ou de diminuer la largeur de la banquette. Les points de changements devront alors être soigneusement matérialisés sur le terrain - (à chaque forte variation de la pente du terrain).
- b) Soit, la banquette étant ouverte sur toute sa longueur à la profondeur h , revenir sur la largeur dans certains tronçons qui sont trop étroits. Il suffit pour cela de terrasser dans le talus suivant la ligne $HB - H'B'$ pour obtenir la largeur de replat CB' nécessaire (fig. 11 A) les terres étant rejetées sur le bourrelet.

Les redans formés dans les talus par les modifications effectuées en a) ou b) seront adoucis lors du profilage du talus.

B - Travail au tracteur (fig. 11 A)

Le conducteur, après avoir sous-solé l'emplacement de la banquette, suit le tracé avec l'angle d'attaque de la lame du tracteur équipé à angle-dozer et matérialise celui-ci sur le terrain.

Dans les passages suivants le tracteur creuse en se maintenant à tout le trajet à la profondeur h fixée par le surveillant des travaux (il peut facilement apprécier la hauteur du talus en la comparant avec le coin supérieur de la lame). Il faut au total environ 9 à 12 passages.

Lorsque la pente en travers du terrain est régulière, on obtient avec un talus régulier, une banquette finie de largeur à peu près constante. La coupe du talus et la finition de la banquette se font avec un chantier travaillant à la pioche et à la pelle. Si le sol est dur ou si un ou plusieurs passages de sous-soleuse ou de ripper sont nécessaires.

Cas où la pente en travers est irrégulière :

Le terrassement se trouve alors terminé sur les faibles pentes et reste inachevé sur les pentes plus fortes.

Le conducteur d'engin doit se garder d'approfondir le replat de la banquette pour obtenir le volume de terre nécessaire à la confection du bourrelet; il serait cause d'erreurs de nivellement.

La terre nécessaire est obtenue en creusant dans le talus, en prenant garde de ne pas dépasser une hauteur limite par crainte des éboulements. Si cette limite est atteinte, le tracteur est arrêté, et le bourrelet sera formé ou renforcé par la coupe du talus (profilage).

Ces passages délicats devront être surveillés particulièrement pendant le cours des entretiens de banquettes.

2 - BANQUETTE A TALUS COUPE

A - Ouverture au tracteur équipé en angle-dozer (fig. 12 A).

Ce procédé est à utiliser sur les terrains de 18 à 20% de pente. Les principaux passages d'angle-dozer sont donnés par les croquis, qui sont suffisamment explicites.

La finition peut se faire à l'aide d'un chantier d'ouvriers.

B - Ouverture avec un tracteur équipé en angle-dozer et une niveleuse (fig. 13)

Procédé à utiliser sur les terrains de 18 à 25% de pente. Le tracteur ouvre une banquette à profil normal; la niveleuse vient ensuite pour couper le talus et ramener les terres sur le bourrelet.

La finition se fait également avec un chantier d'ouvriers.

Nota :

Pour la coupe du talus, il est également possible d'utiliser la niveleuse avec la lame déportée sur le côté (fig. 14). Ce procédé peut être utilisé sur les terrains de 18 à 30% de pente.

3 - BANQUETTE A DOUBLE COURBURE (fig. 15)

Ce procédé de terrassement convient aux terrains ne dépassant pas 12% de pente.

Après avoir ameubli le sol par un sous-solage, le terrassement est effectué à la niveleuse en une vingtaine de passages, comme les croquis de la figure 15 l'indiquent.

4 - BANQUETTE A SIMPLE COURBURE OU A PROFIL AMORTI (fig. 16)

Ce procédé convient aux terrains de 12 à 18% de pente maximum. Les terrassements sont également effectués à la niveleuse après sous-solage. Le conducteur procède comme pour la banquette à double courbure, puis à partir du 15ème passage, comme l'indiquent les croquis de la figure 16.

5 - BANQUETTE A PROFIL EN V AVEC OU SANS TALUS COUPE

(figures 11B - 12B - 13B)

Les terrassements sont effectués soit au tracteur angle-dozer seu (fig. 11B et 12B), soit en équipe avec une niveleuse (fig. 13B)

II - EXECUTION DES TERRASSEMENTS A PARTIR DU TRACE PAR LE BAS.

La largeur l de la banquette demeure constante dans cette méth. d'exécution.

La hauteur h du talus nous est donnée par la relation :

$$h = l \times p \quad \text{où :}$$

(hauteur du talus = largeur de la banquette x pente du terrain
(variable) (constante) (variable)

En pratique, sur le chantier, l'exécution du terrassement suivant cette méthode de tracé, se fera de la façon suivante :

le point C, matérialisant le tracé est fixe et tous les terrassements se font en amont; le déblai provenant de la confection de la banquette servant à construire le bourrelet en aval du tracé.

1 - OUVERTURE DE GRADIN ET DE BANQUETTE A PROFIL NORMAL (fig. 17)

A - Travail au petit outillage :

La largeur l de la banquette étant constante et fixée à l'avance, le surveillant piquête en amont du tracé primitif, à une distance égale à l, une ligne parallèle C', qui matérialise la largeur du fond de la banquette.

L'exécution du gradin ou de la banquette à profil normal se fait en trois temps :

- a) piochage de l'emplacement du bourrelet sur environ 1 mètre de la
- b) confection du fond de la banquette CBC' égal à l,
- c) profilage du talus C'BA.

Les déblais en provenance de b) et c) sont rejetés à l'aval du tracé (point C) pour former le bourrelet CDEF.

Comme la largeur l est constante, la hauteur du talus varie avec la déclivité du terrain; elle est d'autant plus forte que la pente augmente. Pour éviter les risques d'éboulements, la largeur l sera choisie en fonction de la pente la plus forte du terrain.

B - Travail au tracteur équipé en angle-dozer (fig. 18A et B)

Le conducteur de tracteur procède d'abord, si le sol est dur, au sous-solage de l'emplacement de l'ouvrage; puis il fait un premier passage avec la lame exactement à cheval sur le tracé. La visibilité étant mauvaise, le conducteur est guidé par un homme, sauf si les piquets de matérialisation sont suffisamment hauts.

Les passages suivants (9 à 12 au total) se font de la façon indiquée par les croquis 18 A et 18 B.

Par suite de la destruction du tracé dès le premier passage du tracteur, le surveillant des travaux doit vérifier assez souvent l'exactitude de la pente longitudinale.

Le travail au tracteur sera arrêté, dès que le talus atteindra la dimension maximum admissible, de façon à éviter les éboulements. Les travaux seront terminés au petit outillage.

L'abatage du talus peut se faire :

- soit à la pioche et à la pelle,
- soit à la niveleuse, comme indiqué aux figures 13 et 14.

Un petit chantier d'ouvriers est toujours nécessaire pour la finition des ouvrages.

2 - OUVERTURE DE GRADIN ET DE BANQUETTE A PROFIL EN V.

Que les travaux de terrassement soient exécutés au petit outillage ou au tracteur équipé en angle-dozer (fig. 18B), la technique de terrassement est la même que pour les ouvrages à profil normal. Les schémas de la figure expliquent clairement la façon de procéder.

Nota :

Dans l'exécution du terrassement à la pioche, il faut veiller à ce que la contre-pente soit absolument régulière.

III - EXECUTION DU TERRASSEMENT A PARTIR DU TRACE SOUS LE BOURRELET

Cette méthode peu utilisée en pratique peut être employée lors de l'exécution de gradins de reboisement, de banquettes à profil normal ou en à talus coupé (méthode de terrassement suivant la grande pente).

Couverture de gradins de reboisement : (fig. 19)

Le travail à la pioche se fait en trois opérations :

- piochage de l'emplacement du bourrelet,
- terrassement,
- finition.

IV - EXECUTION DU TERRASSEMENT A PARTIR

DU TRACE AU PIED DU BOURRELET

Ce procédé de nivellement n'est utilisé que pour la construction de murettes en pierres sèches ou de banquettes sur murettes. Ces dernières peuvent être à profil normal, à talus coupé, à simple courbure.

Les travaux de terrassement des banquettes sur murettes se font en quatre opérations (fig. 20A et B).

Première opération : Nivellement.

La pente longitudinale varie de 5 pour mille à 1% comme pour les tracés normaux. Les sinuosités de la courbe seront résorbées de façon à obtenir un tracé définitif rectifié convenable.

Deuxième opération : Terrassement en fondation,

avec contre-pente de la sole, en amont du piquet de nivellement H. La terre sera rejetée à l'emplacement du futur bourrelet.

Troisième opération : Construction de la murette en pierres sèches,

suivant les normes habituelles d'un mur de soutènement. La crête de la murette sera à nouveau nivelée (point K) de façon à maintenir la pente en long choisie.

Quatrième opération : Terrassement de la banquette suivant le profil choisi.

V - LES DIVERSES METHODES D'EXECUTION

DES TERRASSEMENTS AU TRACTEUR

Les travaux de terrassement pour la construction d'un réseau de banquettes peuvent être exécutés suivant trois méthodes.

A - Terrassement par passes successives :

C'est la méthode la plus couramment employée. C'est celle décrite dans les paragraphes précédents. Lorsque la terre est sèche et que la pente en travers du terrain dépasse 20%, les déblais roulent aisément devant la pelle et viennent en aval constituer le bourrelet de la banquette. Le rendement est alors excellent.

Mais si la terre colle à la lame parce que humide ou si la pente est faible, son évacuation vers l'aval se fait difficilement et le rendement est mauvais.

B - Terrassement par chasses successives ou en virgules: (fig. 21)

Le montage de la pelle se fait :

- en angle-dozer, pour les pentes dépassant 15% et pour des largeurs de banquettes inférieures à 3 mètres.
- en bull-dozer, pour les pentes inférieures à 15% et pour des largeurs de banquettes dépassant 3 mètres.

L'exécution du terrassement peut se faire de la manière suivante :

- a) matérialisation du tracé de la banquette par un premier passage de tracteur en angle-dozer (schéma 1), suivant la méthode de passes successives.
- b) confection de la banquette (schémas 2 - 3 et 4). Le tracteur avance suivant le tracé sur 3 à 4 mètres la pelle chargée au maximum, puis par un virage rapide vers l'aval, "chasse" la terre qui va former le bourrelet. Il revient en arrière sur 3 ou 4 m., se met dans l'axe de l'ouvrage et recommence la même opération.
- c) le travail est terminé par la méthode de passes successives (nivellement).

Dans ce terrassement, les tracés par le haut et par le bas sont utilisés indifféremment pour la construction de banquettes à profil normal ou à profil en V.

C - Terrassement suivant la grande pente : (fig. 21)

Cette méthode est utilisée dans les pentes ne dépassant pas 20%. Le tracteur équipé en bull-dozer, est placé à 4 ou 5 mètres au-dessus du tracé et dans le sens de la pente. Il pousse la terre vers l'aval jusqu'au tracé où il l'abandonne et recommence en creusant plus profondément jusqu'à l'obtention du gabarit approximatif de la banquette. Il exécute ensuite le même travail à une longueur de pelle au delà, et ainsi de suite. Le bourrelet est ensuite régularisé à la finition en même temps que le nivellement du replat de la banquette.

Dans ce procédé de terrassement, seule la méthode de tracé sous le bourrelet est utilisée. Il permet la confection de banquettes à profil amorti.

Quand la pente est faible, on améliore le rendement en utilisant deux tracteurs travaillant en équipes et se faisant face, l'un poussant la terre vers l'aval, l'autre la remontant.

Ce procédé de terrassement permet d'obtenir des prix de revient inférieurs à la méthode par chasses successives, mais elle doit être utilisée avec mesure, d'une part pour éviter les accidents dans le graissage et le fonctionnement des engins, d'autre part, elle "stérilise" une zone appréciable de terrain, surtout dans les sols superficiels.

En pratique, les terrassements s'exécutent le plus souvent en combinant les différents procédés d'exécution.

CHAPITRE III

AUTRES TYPES DE TERRASSEMENT DE D.R.S.

Ces autres types de terrassement sont imposés par :

- des limites de propriétés
- des terrains rocheux
- des terrains en pente très forte et souvent instable
- des nécessités de desserte et d'exploitation

Ce sont :

- le fossé de protection
- les murettes
- les cordons de pierres
- les clayonnages et les fascinages
- les chemins

I - LE FOSSE DE PROTECTION

Souvent, des limites de propriétés, des terrains rocheux ou boisés obligent à commencer la construction d'un réseau de banquettes en un point quelconque d'un versant. De ce fait, la première bannette va recevoir une quantité d'eau de ruissellement nettement supérieure aux suivantes. Elle doit assurer d'une part, la récupération de cette eau (rôle de protection), d'autre part, son écoulement (rôle de fossé). Afin de pouvoir jouer ce double rôle, elle doit présenter des caractéristiques spéciales.

Construction du fossé de protection. (fig. 23)

Les dimensions à donner à cet ouvrage sont fonctions de la superficie et de la nature de l'impluvium supérieur.

Le tableau ci-dessous donne quelques indications sur les dimensions et la pente longitudinale à donner au fossé de protection.

Nature de l'impluvium supérieur	Dimensions du fossé	Surface en hectares de l'impluvium								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Terrains rocheux ou argileux ou en jachères	la largeur l est égale à la profondeur	0,50	0,70	0,85	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
Terrains broussailloux ou gazonnés ou labourés	($l^P = p$)	0,45	0,65	0,75	0,90	1,00	1,10	1,20	1,25	1,35
Pente longitudinale à donner au fossé (%)		1	0,50	0,40	0,30	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15

Nota : Si l'impluvium supérieur dépasse 10 hectares (100 douanans), on le divise en fractions inférieures ou égales à 10 hectares avec un fossé pour chacune d'elle.

Sur une pente P, on matérialise le tracé du fossé de protection (schéma 1); puis à partir de ce dernier et en amont, à une largeur l égale à la profondeur p, on ouvre le fossé (schéma 2); on talute à 100% le bord aval (schéma 3), enfin le bord amont (schéma 4). Tous les déblais sont rejetés en aval du tracé pour former le bourrelet.

Il est absolument nécessaire de visiter fréquemment le fossé de protection, de le nettoyer des apports de terre et de pierres, particulièrement dans les zones de concentration des eaux.

II - LES MURETTES (fig. 24)

Dans les pentes fortes, pierreuses ou rocheuses, où les travaux ordinaires de terrassement s'avèreraient trop coûteux, des murettes de 0m,50 à 0m,75 de hauteur, peuvent être construites, suivant une courbe de niveau, avec ou sans pente longitudinale. Sous l'effet du ruissellement et de l'érosion ces murettes se colmatent peu à peu en amont. Dès que l'atterrissement atteint leur sommet, on exhausse celui-ci.

Lors de leur construction, il est nécessaire de creuser des fondations avec une contre-pente de 10%, d'utiliser des pierres de fortes dimensions disposées de telle sorte que leur plus grande longueur soit dans le sens de la pente, de donner un fruit très fort de 20 à 30%.

III - LES CORDONS DE PIERRES

Dans les terrains rocheux, lorsque la pente ne dépasse pas 5%, les pierres extraites, soit lors du dérochement généralisé du terrain, soit au cours des travaux culturaux, seront disposées et autant que possible alignées en "cordons", suivant les courbes de niveau (procédé du tracé au pied du bourrelet avec ou sans pente longitudinale).

La mise en cordons pourra se faire manuellement (au cours des labours pour les petites superficies), soit mécaniquement à l'aide de tracteurs équipés en bull-dozer ou avec un rock-rake. L'épierrage devra souvent être terminé à la main.

Les cordons de pierres forment des obstacles qui diminuent la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement et retiennent les matériaux entraînés. Il se forme ainsi progressivement un nouveau profil en travers très atténué qui ralentit l'érosion mais ne la supprime pas.

IV - LES CLAYONNAGES - LES FASCINAGES

Dans les terrains à très forte pente (bad-land, berge de ravin, etc.) il est souvent impossible de faire des travaux de terrassement; le sol ameubli ne peut être maintenu en place, il croule et il submerge les ouvrages situés à l'aval.

Pour retenir les terres on utilise alors, des ouvrages, ordinairement petits qui diminuent le déplacement superficiel des matériaux. Ces fonctions sont ensuite remplies par la végétation que l'on a implantée.

A - LES CLAYONNAGES : (fig. 25 A - B - C et D)

Ils sont constitués avec des branches entrelacées autour de pieux d'essences rejetant de souche ou se bouturant. Souvent l'entrelacement de branches ou de sarments de vigne, est remplacé par des treillis de fil de fer par des rangées serrées de pieux, etc...

B - LES FASCINAGES : (fig. 26 A - B et C)

Ce sont des saucissons d'environ 30cm. de diamètre et de 2 à 4 mètres de longueur, formés de baguettes lisses (sarment de vigne, saule, peuplier, etc.) ligotés tous les 30 à 50 cm. avec des fils de fer.

Il est préférable d'accélérer le colmatage de ces petits ouvrages en provoquant des atterrissements - qui seront dès la première année semés ou plantés - avec des essences buissonnantes ou rejetant bien de souche.

V - LES CHEMINS

Les réseaux de banquettes de défense et de restauration des sols devant obéir à des règles strictes :

Pente longitudinale avec ouverture sur un exutoire,

Longueur des banquettes,

les chemins posent lors de l'exécution des travaux, des problèmes parfois difficiles à résoudre.

1 - LE CHEMIN EST DEJA EXISTANT

C'est le cas d'un chemin classé, à ce titre inamovible.

Trois cas sont à considérer :

A - Le chemin suit une croupe: (fig. 27)

Il sera pris comme point haut lors du tracé du réseau de banquettes (cas le plus simple).

B - Le chemin suit un ravin sur une ou l'autre rive: (fig. 28)

(Cas le plus difficile).

Le réseau de banquettes devra être disposé de façon à éviter l'écoulement des eaux des ouvrages sur le chemin. Lorsqu'on ne peut éviter le franchissement de la piste par les ravins servant de collecteurs, il faut construire soit des radiers, soit des ponceaux.

C - Le chemin coupe une pente par son travers: (fig. 29)

Le chemin est considéré comme le point haut des ouvrages et l'écoulement des banquettes est réparti de part et d'autre du chemin. Cette obligation dans la disposition du réseau entraîne parfois l'ouverture de banquettes un peu trop longues.

2 - LE CHEMIN D'ACCES EST A OUVRIR

A - Le chemin doit couper transversalement les terrains : (fig. 30)

Chaque fois qu'il sera possible, il faut utiliser la croupe du terrain à restaurer. Le chemin monte en lacet afin de diminuer sa pente. Les banquettes seront tracées en chicane à la dénivelée $h/2$, en prenant soin de les faire se recouvrir sur 1 à 3 mètres au point haut, c'est à dire à hauteur du chemin (banquettes alternées sur les croupes).

B - Le chemin doit couper longitudinalement le terrain :

Une banquette sera alors élargie à la largeur du chemin à ouvrir.

C - Le chemin doit couper diagonalement le terrain :

Son tracé sera identique à celui de la figure 29. Les banquettes seront disposées de part et d'autre du chemin, considéré comme le point haut des terrassements.

Tous les ouvrages décrits dans les chapitres précédents constituent l'armature principale des travaux de D.R.S.

Pour en tirer le maximum d'efficacité, il faut les compléter par des travaux cultureux appropriés :

- par des plantations fruitières ou forestières sur le bourrelet de la banquette et même quand la pente l'autorise, par la plantation en plein et suivant les courbes de niveau, de vergers en interbandes;
- par des labours et des sous-solages parallèles aux banquettes;
- par la confection de doubles dérayures dans l'interbande des banquettes à dénivelée élargie;
- par la culture en bandes de niveau avec un système d'assolement (fourrages - céréales - plantes sarclées).

AIDE-MÉMOIRE POUR LA CONSTRUCTION DES
RESEAUX DE BANQUETTES DE D.R.S.

Formule Générale
(L. SACCARDY)
 $\frac{H_1}{P} = 260 \pm 10$

Pente Moyenne du terrain % (P)	Intervalle entre banquettes		Densité du réseau à 1'ha.		Type de profil en travers à adopter	
	Vertical (H) (en mètres)	Horizontal (L)	Moyen	Minimum Maximum (en mètres)		
1	2	3	4	5	6	7
De 3 à 5	2.00	67 à 40	200	150	250	Banquette à triple c
5 à 8	2.50	50 à 31	260	200	320	" double
8 à 12	3.00	37 à 25	300	270	400	" "
12 à 18	3.50	29 à 19	435	345	525	" simple
18 à 30	4.00	22 à 13	600	450	770	" à talus cc
30 à 40	4.50	15 à 11	780	665	910	" à profil i
40 à 50	5.00	12 à 10	910	830	1000	" "
50 à 60	5.50	11 à 9	1000	910	1110	" "
50 à 60	5.50	11 à 9	1000	910	1110	Gradin de reboiseme profil normal
60 à 80	6.00	10 à 7	1175	1000	1430	Gradin de reboiseme profil en V

- N.B. 1/ La longueur maximum de la banquette du point haut à l'exutoire ne doit pas norm
2/ La hauteur minimum du bourrelet ne doit pas être inférieure à 0,40 mètre, après
3/ Les chiffres qui figurent dans les colonnes 3 et 8 correspondent :
- le plus grand à la pente du terrain la plus faible (colonne 1)
- le plus petit à la pente du terrain la plus forte (
- 4/ Les chiffres qui figurent dans les colonnes 4, 5 et 6 correspondent :
- (5) le plus petit à l'intervalle horizontal le plus grand (colonne 3)
- (6) le plus grand à l'intervalle horizontal le plus petit ()
- (4) le chiffre lonne la densité moyenne du réseau de banquettes dans les 1

LES COLLECTEURS OU EXECUTOIRES - LEUR AMENAGEMENT

TROISIEME PARTIE

Toutes les banquettes déversent leur excès d'eau dans des exutoir qui, dans la majeure partie des cas, ne sont autres que des torrents déjà existants.

Les exutoires peuvent être classés en deux catégories :

Les "collecteurs primaires" sur lesquels débouchent directement les banquettes,

Les "collecteurs secondaires", plus importants qui recueillent les eaux amonées en bas du versant par les ravins primaires.

On conçoit aisément que les travaux de D.R.S. vont entraîner quelques modifications dans l'écoulement des eaux des ravins naturels d'un versant car :

1 - certains ravins peuvent disparaître,

2 - d'autres, plus rarement peuvent être créés,

3 - enfin le débit des uns peut diminuer, tandis que pour d'autres, il peut augmenter.

D'une façon générale, le ravin naturel choisi comme collecteur d'un réseau de banquettes aura à évacuer une quantité d'eau supérieure à celle qu'il écoulait auparavant. L'augmentation du débit se produira dès le premier ouvrage (fossé de protection, banquette), donc dans la partie supérieure du ravin où le lit est encore peu marqué. Le collecteur se mettra donc à creuser et à charrier des matériaux afin de reprendre le profil d'équilibre correspondant à son nouveau débit. Une "érosion torrentielle" commencera.

Il appaît donc absolument nécessaire de compléter le traitement en D.R.S. d'un versant, par un aménagement des collecteurs qui ne peuvent être corrigés que par la construction de barrages.

CHAPITRE I

NOTION D'HYDRAULIQUE TORRENTIELLE

Sans s'attarder sur les différentes formules qui permettent de connaître la vitesse et le débit d'un torrent en fonction de sa section et de son impluvium, il est utile à l'agent de terrain de connaître les principaux phénomènes causés par l'eau en mouvement, pour en tirer les conclusions utiles à son travail :

A - Une pierre placée dans un courant d'eau subit de la part de ce courant une pression sur la face amont et une succion sur la face aval.

L'action conjuguée de ces deux forces, d'autant plus fortes que le courant est plus rapide, tend à entraîner la pierre dans le sens du courant.

De cette constatation on peut faire les remarques suivantes :

- 1 - L'érosion torrentielle diminue avec la pente, D'où la construction de barrages qui donnent au torrent un profil plus doux.
- 2 - Les deux forces de pression et de succion s'exercent seulement sur les faces perpendiculaires au courant.
 - a) Le barrage subit sur sa face amont une pression considérable (force de choc); d'où la nécessité de faire un atterrissement sur lequel l'eau s'écoule. Un barrage atterri risque moins d'être emporté qu'un barrage qui ne l'est pas.
 - b) Une pierre placée dans le sens du courant suivant sa plus grande longueur, sera plus difficilement emportée. (Remarque à mettre à profit, lors de la construction d'un barrage en pierres sèches).

B - Une pierre placée dans un courant est maintenue sur le fond

1 - par son poids:

une pierre est plus lourde dans l'eau claire que dans l'eau boueuse

2 - par les forces de frottement:

Celles-ci sont variables:

- a) suivant la nature du fond - faibles sur fond argileux - plus fortes sur fond sableux et graveleux;
- b) suivant la surface portante - Elles sont plus fortes quand la pierre est plate - Une pierre ronde ou cubique est emportée plus facilement qu'une pierre longue et plate.

C - Une eau claire en mouvement a tendance à se charger des matériaux fins et instables qu'elle rencontre sur son cheminement.

Sa densité augmentant au fur et à mesure qu'elle se trouble, elle entraînera des matériaux plus gros jusqu'à ce qu'elle ait atteint son degré maximum de saturation, c'est à dire lorsque la quantité de matériaux arrachés correspondra à la quantité de matériaux déposés.

Le degré de saturation est proportionnel à la vitesse: si cette dernière augmente, le degré de saturation est relevé et l'eau creuse à nouveau; au contraire, si la vitesse diminue, les matériaux se déposent, les plus gros les premiers, l'eau se clarifie.

CHAPITRE II

PRINCIPES DE LA CORRECTION DES TORRENTS

Un torrent se corrige par la construction de barrages qui provoquent

1 - Un atterrissement en amont de chaque ouvrage (fig. 31A et B),

la pente de cet atterrissement est toujours plus faible que celle du lit initial, donc: diminution de la vitesse des eaux.

- 2 - Un étalement des eaux sur l'atterrissement, donc une augmentation de la surface de frottement entraînant une nouvelle diminution de la vitesse d'écoulement;
- 3 - La formation, par cet atterrissement, de coins qui viennent étayer les berges.

COMMENT CORRIGER UN TORRENT (fig. 32)

Le cours du torrent est divisé en plusieurs sections, chacune déterminée par un emplacement particulièrement solide (rochers, étranglement du lit entre deux berges rocheuses, etc...) permettant la construction d'un ouvrage important.

Dans chaque section, en commençant par l'aval, on construira une série de barrages disposés en marches d'escalier, de telle façon que l'atterrissement du barrage aval arrive au pied du barrage amont. Ces atterrissements ont une pente en long inférieure à la pente initiale du lit du torrent; elle s'appelle PENTE LIMITE ou PENTE DE COMPENSATION (I) - Pour une telle pente, la quantité de matériaux enlevés par le torrent correspond à la quantité déposée.

Soit une section de torrent AB à corriger (fig. 32); on construira les barrages AC - DE - FG - de hauteur H, telle que l'atterrissement du barrage aval AC arrive au pied du barrage amont DE, et ainsi de suite.

Pour connaître la pente de compensation I, on mesure la pente de atterrissements. Connaissant I, on peut calculer le nombre N de barrages à construire:

$$N = L \frac{(P - I)}{H}$$

L = Longueur du ravin en projection horizontale

P = Pente moyenne du lit dans la section considérée

I = Pente de compensation déterminée expérimentalement

H = Hauteur moyenne du barrage

L'espacement E entre chaque barrage sera:

$$E = \frac{L}{N}$$

Souvent ces premiers barrages construits entraîneront des modifications importantes dans l'écoulement des eaux. Ces variations seront encore accentuées par les travaux de D.R.S. (apports d'eau plus claire, donc reprise de l'affouillement).

Il sera donc nécessaire de construire de nouveaux barrages intermédiaires (fig. 33) qui correspondront à une pente de compensation I' plus faible. Ces barrages secondaires seront de faibles dimensions, toujours inférieures à celles des ouvrages déjà construits.

Le travail de génie civil terminé, les atterrissements et les berges seront consolidés et fixés par un reboisement ou par un regazonnement.

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES ET TYPES DE BARRAGES

A - LES CARACTERISTIQUES DES BARRAGES

Un barrage est un ouvrage construit en travers du lit d'un torrent. Il peut être en maçonnerie, en béton, en pierres sèches ou en bois.

Il est placé dans les parcours rectilignes perpendiculairement à l'axe du lit; dans les courbes, perpendiculairement à la corde qui relie le milieu d'un barrage aval au milieu du barrage amont suivant.

Un barrage a pour but d'arrêter l'érosion en profondeur et sur les côtés, de retenir les matériaux charriés, de stabiliser les éboulis des berges en leur procurant un appui. Son efficacité est fonction de sa durabilité, il faut donc donner au barrage une réelle solidité par l'emploi de matériaux convenables et une construction soignée.

1 - Forme:

Les barrages sont:

- a) rectilignes (fig. 34A) = faciles à construire et peuvent être installés sur des berges peu solides;
- b) curvilignes (fig. 34B) = doivent être construits dans des berges solides. Ils résistent mieux aux poussées des terres et aux forces de choc du courant. Le rayon de la courbe doit être calculé de façon que la flèche f soit égale au $1/10$ de la portée p , ($f = 1/10p$).

2 - Fruit: (fig.35)

On appelle ainsi l'inclinaison donnée aux parements des barrages. Sa valeur est exprimée en %, et la plus couramment utilisée pour parement aval est celle de 20%.

3 - Epaisseur: (fig. 35)

L'épaisseur moyenne E d'un barrage de hauteur H est donnée par la formule

$$E = 1/2 H$$

Pour un fruit de 20%, on déduit que

E' = épaisseur du couronnement =

$$\frac{1}{2} H - \frac{H \times 20}{2 \times 100} = \frac{4}{10} H = 0,4H$$

E'' = épaisseur à la base =

$$\frac{1}{2} H + \frac{H \times 20}{2 \times 100} = \frac{6}{10} H = 0,6H$$

4 - Hauteur des barrages:

Elle est fonction des profils en travers et en long du torrent.

Grands ouvrages: - petit nombre donc moins de chantiers à aménager,

- prix de revient élevé,
- risque accru de renversement.

Petits ouvrages: - plus grand nombre,

- volume de l'ensemble des ouvrages plus petit,
- prix de revient moins élevé,
- exécution plus facile,
- danger réduit en cas de rapture d'un ouvrage.

Une bonne hauteur moyenne est 2 mètres; mais si les berges ont tendance à s'ébouler, elles seront mieux retenues par un barrage élevé, construit en aval du glissement.

5 - Forme des déversoirs ou seuils: (fig. 36)

Le déversoir ou seuil est la partie supérieure du barrage par où s'écoule l'eau du torrent.

Il peut avoir une forme rectangulaire (fig. 36A), trapézoïdale (fig. 36B) ou curviligne (fig. 36C).

La forme curviligne est à utiliser dans les berges peu solides. Les deux autres formes, qui étalent mieux les eaux conviennent aux berges solides.

Les dimensions, hauteur et largeur, doivent être suffisantes pour assurer l'écoulement des plus fortes crues, sans débordement. La largeur des déversoirs est fixée par la largeur du lit du torrent à l'aval de l'ouvrage et doit être la plus grande possible afin de réduire au maximum l'épaisseur de la lame d'eau.

6 - Fondation des barrages:

Les fondations doivent avoir une largeur supérieure à l'épaisseur de la base du mur et dépasser celle-ci de 20 à 30cm. en amont et en aval. Les barrages seront profondément ancrés dans les berges.

En général, les ruptures les plus fréquentes des barrages ont pour origine des affouillements, qui se produisent en deux points:

- a) Au pied du barrage, la chute d'eau et les remous qu'elle provoque, affouillent le pied de l'ouvrage et celui-ci se renverse. Pour éviter ces accidents, il faut:
 - dans les sols meubles, faire des fondations profondes et enrocher la base du mur;
 - construire un contre-barrage réuni par un radier à forte pente au barrage principal (fig. 37).
- b) Dans les berges, afin d'éviter que le barrage soit tourné par le courant d'eau, il faut:
 - encastrer profondément les ailes de l'ouvrage dans les berges (fig.38) par des fondations en escalier;
 - surélever les ailes près des berges;
 - aménager un déversoir correct.

B - LES TYPES DE BARRAGES

Les barrages sont différenciés par les matériaux de construction utilisés.

1 - Barrage en pierres sèches

Pour des ouvrages de petites dimensions, la partie la plus sensible de ce type de barrage est le couronnement qui risque d'être emporté par les eaux ou éboulé par le passage des hommes et des animaux, c

- a) disposer sur le couronnement de grosses pierres de façon que la plus grande longueur soit dans le sens du courant;
- b) donner au déversoir une forme curviligne;
- c) donner au parement aval un fruit de 25%;
- d) protéger l'amont par un atterrissement artificiel;
- e) l'emploi de maçonnerie au mortier dans les fondations et sur couronnement augmente la résistance.

2 - Barrage en enrochement

Construit avec des blocs de très grosses dimensions - Les fruits des parements aval et amont sont identiques (50% environ). Ce type de barrage résiste bien aux crues violentes, mais souvent il laisse filtrer l'eau et l'atterrissement risque d'être "lavé".

3 - Barrage en maçonnerie de mortier ou de béton

Il est très solide, mais d'emploi limité par suite du prix de revient élevé.

Des pertuis doivent obligatoirement traverser le barrage pour assurer le drainage des atterrissements et diminuer la poussée.

4 - Barrage en gabions

Il facilite les travaux de correction de torrent dans les régions difficiles (manque de moyens de transport - de matériaux - de main d'oeuvre qualifiée, etc...).

Les gabions sont de grosses caisses en grillage, livrées à plat et montées sur place. De dimensions pratiques, multiples de 0m,50 mètre et 2 mètres, il est possible de les agencer de différentes façons. On distingue:

- les semelles, de 0m,50 d'épaisseur, de 1m. de largeur et de 1 à 4 m. et plus de longueur; elles sont utilisées pour les fondations (la longueur dans le sens du courant) et pour les ailes des déversoirs.
- les gabions proprement dits, de 1m. de hauteur et de largeur et de 1m. à 4m. et plus de longueur.

Avant d'être soigneusement rempli avec des pierres résistantes et durables, le gabion doit être lié avec du fil de fer avec la semelle ou le gabion inférieur.

La durée moyenne d'un barrage en gabions bien construit est d'une vingtaine d'années.

5 - Barrage en grillage

Ce barrage en grillage lourd est construit en demi-lune, la concavité tournée vers l'aval. Le déversoir est curviligne. La flèche doit être égale au $1/6$ de la portée.

Le long du tracé, des pieux en bois ou en fer sont profondément enfoncés dans le lit du torrent tous les 1mètre de distance. Le grillage, enterré de 0m,15 à 0m,25 dans le sol, est solidement lié à ces pieux. La terre de l'atterrissement est damée. Les ailes remontent largement dans les berges.

Ce barrage, sensible à l'affouillement, doit être protégé à l'aval par un contre-barrage du même type.

6 - Barrage en piquets et fascines

Les piquets, souvent confectionnés en essences pouvant se bouturer, sont profondément enfoncés dans le sol avec un fruit de 20% vers l'amont.

Les fascines sont solidement liées à ces piquets et l'atterrissement artificiel est damé.

7 - Barrage en terre

Il est construit par couches damées de 15cm. maximum d'épaisseur, constituées par un mélange de sable et d'argile humide.

Les pentes de ce type de barrage doivent être soigneusement profilées avec un fruit de 50% vers l'aval et de 30% vers l'amont. La paroi amont peut être pavée ou recouverte d'un voile de béton.

Ce barrage ne fonctionnant jamais en déversoir, son couronnement doit dépasser le niveau des plus hautes eaux et les eaux de crues seront dirigées, soit vers un déversoir construit dans les berges, soit vers un canal cimenté qui traverse le barrage.

8 - Radier

Le radier est construit dans les parties très en pente du lit d'un torrent, dans une zone où la construction de barrages est impossible (berges peu élevées - glissements, etc...). Son but est d'empêcher l'érosion et il est construit en pierres sèches, en maçonnerie ou en béton avec une pente inférieure à 100%. Il se termine toujours par une partie plate pour éviter les affouillements.

9 - Barrages de dérivation et banquettes d'infiltration (fig. 39A et B)

Les divers types de barrages déjà décrits, peuvent être utilisés comme barrages de dérivation, en particulier les ouvrages construits en pierres sèches ou en gabions.

Le déversoir et les ailes sont quelque peu rehaussés. Sur ces dernières, sont placées des buses de dimensions choisies suivant le volume d'eau à écouler dans les banquettes. Les buses sont mises en place de telle manière que leur diamètre dans le sens horizontal, soit au niveau du déversoir. Par ces buses, l'eau s'écoule dans les banquettes dont la pente longitudinale est inversée, c'est à dire allant de l'exutoire vers les terres.

Le gabarit des banquettes doit être aussi fort que possible, avec une pente longitudinale ne dépassant pas 3 pour mille et une longueur inférieure à 400 mètres.

Les banquettes ainsi alimentées se déversent dans l'exutoire suivant où un ouvrage est disposé pour recueillir l'eau qui s'écoule, la diriger dans une nouvelle banquette revenant dans le premier exutoire et évacuer le trop plein.

Le large replat des banquettes est aménagé par des sous-solages profonds afin de faciliter l'infiltration.

Ce procédé est particulièrement à sa place dans les régions à faible pluviométrie. Il assure un épandage des eaux de crues et une infiltration maximum.

10 - Débouché des banquettes sur les collecteurs (fig. 40)

Des précautions spéciales sont à prendre aux débouchés des banquettes dans les exutoires, particulièrement lorsque le sol est meuble.

En effet, si l'on étudie le fonctionnement d'un réseau de banquettes au cours d'un orage, on peut faire les remarques suivantes:

- l'épaisseur de la lame d'eau d'une banquette est plus forte vers l'exutoire, sa vitesse d'écoulement est plus grande, donc risque d'érosion remontante;
- l'eau claire se charge de matériaux lorsque la vitesse augmente donc encore à l'approche de l'exutoire;
- la quantité d'eau drainée par le collecteur augmente à mesure que l'on se rapproche du bas du versant;
- les courants d'eau du collecteur et des banquettes sont en opposition (les banquettes sont presque perpendiculaires au collecteur). La vitesse de l'eau dans l'exutoire étant plus rapide, elle gênera l'écoulement de la banquette.

Pour remédier à ces inconvénients, il y a lieu, chaque fois que la nécessité se fera sentir de :

- a) construire un seuil en pierres sèches au débouché de la banquette dans l'exutoire. Cet ouvrage sera enterré complètement et son gabarit sera celui de la banquette. Son niveau devra être tel que l'eau qui s'écoule dans le collecteur, ne puisse atteindre son couronnement. (Permet d'éviter le renversement)

- b) construire un barrage dans le collecteur nettement au-dessous du débouché de la banquette de telle façon que l'atterrissement qui se produira arrive à la hauteur du bourrelet de la banquette (Permet d'éviter le surcreusement du collecteur, tout en laissant dégagé le débouché de la banquette;
- c) dans les berges abruptes, les banquettes seront arrêtées au sommet des berges. La hauteur du barrage dans le collecteur sera augmentée de façon que l'atterrissement diminue la profondeur du lit. L'écoulement d'eau des banquettes sera freiné par des petits seuils.

*

*

*

QUATRIEME PARTIE

L'ENTRETIEN DES TRAVAUX DE D.R.S.

Les travaux d'entretien d'un réseau de banquettes revêtent deux aspects, suivant que nous avons à faire:

- A - La réparation des dégats accidentels,
- B - L'entretien des travaux.

A - REPARATION DES DEGATS ACCIDENTELS

Tous les accidents qui peuvent survenir aux travaux de terrassement en banquettes ont toujours à l'origine: la rupture du bourrelet.

Les causes en sont multiples:

- 1 - Une erreur de nivellement, entraînant la création de points bas où l'eau s'accumule;
- 2 - Un éboulement de talus: les terres éboulées obstruent le replat de la banquette et empêchent l'évacuation du trop plein d'eau;
- 3 - Un affaissement du bourrelet, soit par tassement, (fréquent au droit d'un trou de plantation), soit par glissement (très fréquent dans les fortes pentes et les terrains argileux);
- 4 - Un rétrécissement de la section de la banquette;
- 5 - L'aplanissement du bourrelet par le passage répété d'animaux en un même point.

- 6 - Des labours inconsidérés de la part des propriétaires du sol (attaque par le soc de la charrue de la base du bourrelet, lors du labour de l'interbande);
- 7 - Des trous creusés par les animaux fouisseurs (lapins, rats, gerboises, taupes, etc...).

La rupture du bourrelet est toujours un accident grave.

Elle entraîne, dans le sens de la plus grande pente, la rupture de autres bourrelets situés en aval. Aussi toutes les précautions doivent elles être prises pour éviter de tels accidents.

Il faut donc :

- Vérifier soigneusement le nivellement des banquettes,
- Assurer au bourrelet une base solide et le renforcer du côté des trous de plantation. Amasser en cordons au pied du bourrelet, les pierres provenant des interbandes (protection contre le soc de la charrue),
- visiter les travaux, particulièrement à la fin de l'été, pour enlever les éboulements, les branchages, boucher les trous des animaux fouisseurs, etc...- Avant les premières pluies, la banquette doit être propre pour assurer avec efficacité son rôle;
- réparer rapidement toute cassure avant les pluies.

B - TRAVAUX D'ENTRETIEN PROPREMENT DITS

1 - Entretien des ouvrages:

Ils consistent en de petits travaux saisonniers destinés à conserver aux divers ouvrages toute leur efficacité. Ils doivent donc tendre

- a) à renforcer l'ouvrage en tant qu'obstacle au ruissellement;
- b) à augmenter l'infiltration dans le sol;
- c) à assurer l'écoulement de l'eau en excès suivant le cheminement qui lui a été fixé.

2 - Entretien des plantations:

Il se résume en trois opérations

- a) les binages
- b) les arrosages
- c) le remplacement des arbres manquants.

Ces trois opérations, dans un réseau de banquettes, doivent faire l'objet de précautions spéciales.

Les opérations de binage et d'arrosage sont souvent à l'origine de la rupture du bourrelet.

- a) Le binage ne doit pas consister à déchausser le pied de l'arbre créant ainsi une excavation où l'eau s'engouffrera, mais il doit rompre la couche superficielle du sol, en conservant au bourrelet son profil initial. Le replat de la banquette sera labouré ou mieux, scarifié pour dissocier la pellicule de sol colmaté et rétablir le pouvoir d'infiltration.
- b) Lors de l'arrosage, la cuvette doit être faite avec des apports de terre prélevée dans le talus et non dans la terre du bourrelet.
- c) Lors du remplacement des arbres manquants, il faut éviter de les planter à un niveau inférieur à celui du bourrelet, au contraire, ils devront être plantés à 5 centimètres au-dessus. Après tassement, le bourrelet retrouvera son gabarit.

3 - Entretien des collecteurs ou exutoires:

Les collecteurs des banquettes doivent être également surveillés. A la suite des travaux de D.R.S. effectués dans leurs bassins de réception, leurs comportements se modifient et ces ravins cherchent à prendre des profils d'équilibre nouveaux. En particulier, devront être fréquemment contrôlés les barrages qui risquent d'être affouillés soit au pied (construire un contre-barrage ou disposer un enrochement) soit sur les ailes (remplir les vides avec de la terre argileuse damée).

Les débouchés des banquettes dans les exutoires seront également vérifiés; en cas d'affouillement, construire soit un seuil en pierres sèches semi-enterré, soit disposer un enrochement.

Lorsque les atterrissements en amont des barrages en ont atteint le couronnement, il est nécessaire de les consolider et de les fixer par des plantations forestières ou par un engazonnement. Agir de même pour les berges de ravins.

*
* *
*

République Libanaise
Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
(C.P.E.S.P.)

CINQUIEME PARTIE

L'ORGANISATION DES CHANTIERS

Un chantier de terrassement quelle qu'en soit la composition, (ouvriers uniquement - mixte: ouvriers et matériel mécanique - ou uniquement matériel mécanique) doit former un tout sous la direction d'un agent responsable ayant la compétence et l'autorité nécessaire pour remplir ce rôle avec efficacité assisté, s'il y a lieu, d'un ou plusieurs adjoints spécialisés.

L'agent responsable applique sur le terrain, les instructions données par l'Ingénieur. Tous ses efforts doivent tendre à faire exécuter les travaux prescrits, avec le maximum de précision (technicité de l'agent) dans le minimum de temps (rendement).

Pour obtenir de tels résultats, il faut une organisation des chantiers

A - L'AGENT RESPONSABLE SUR LE TERRAIN

Cet agent, qui doit faire partie des cadres permanents, est la "cheville ouvrière" de l'Administration. Pour qu'il puisse remplir convenablement son rôle, tous les moyens d'exécution doivent lui être fournis :

- 1 - Moyens matériels - Appareils simples de topographie, outillage approprié et en bon état; etc...
- 2 - Moyens de déplacement - (véhicule)
- 3 - Moyens psychologiques - Une certaine autorité doit lui être déléguée de façon qu'il soit en mesure de faire les observations utiles en cas de négligence ou de donner des encouragements.

B - CHANTIER AU PETIT OUTILLAGE

1 - Le travail est exécuté par des ouvriers rémunérés à la journée:

Le recrutement des ouvriers dans un chantier déterminé doit se faire en tenant compte des affinités et des coutumes de la région, de façon à créer des équipes homogènes.

Afin d'obtenir un rendement correct, la main d'oeuvre sera spécialisée individuellement ou par équipes.

Par exemple, l'organisation d'un chantier d'ouverture de banquettes doit être la suivante :

- a) une équipe d'ouvriers moyens pioche la terre sous le bourrelet et fait les trous de plantation. Chaque ouvrier possède une pelle et une pioche et travaille individuellement.
- b) Une équipe d'ouvriers plus entraînés exécute le terrassement proprement dit de la banquette au gabarit fixé, sans s'attacher au "fini" du travail. Une telle équipe comportera plus de piocheurs que de pelleteurs.
- c) Une équipe composée des meilleurs ouvriers, assure la finition du travail : nivellement du replat de la banquette - profilage du talus et gabarit définitif du bourrelet. Ces ouvriers, munis chacun d'une pelle et d'une pioche travaillent individuellement.

2 - Le travail est effectué par des ouvriers rémunérés à la journée, mais avec une tâche journalière bien définie:

Le recrutement s'effectue de la même façon que pour un chantier en régie normale.

Chaque ouvrier possède une pelle et une pioche et effectue la quantité de travail fixée au préalable par l'agent responsable du chantier, soit par exemple "N" mètres de banquettes à un gabarit donné à ouvrir dans la journée.

Cette quantité "N" de travail journalier est déterminée expérimentalement dans chaque chantier et est fonction du gabarit de la banquette, de la nature du sol, de la pente, etc...

Cette méthode permet d'avoir un rendement moyen convenable, qui peut être constamment amélioré par des vérifications de rendement au cours du travail.

3 - Travail effectué à la tâche:

L'agent responsable ne s'occupe pas, en principe, de l'organisation matérielle du chantier qui appartient au tâcheron.

La vérification du travail s'effectue au moyen de gabarits.

C - CHANTIERS AU MATERIEL MECANIQUE

Avant tout démarrage des travaux, il faut aménager le cantonnement des gens et des tracteurs. Cette organisation du cantonnement a une grosse importance sur la bonne marche du chantier.

Logement: les chauffeurs de tracteurs, débarrassés du souci du logement et du ravitaillement seront plus attentifs aux travaux à exécuter.

Parc des tracteurs: l'emplacement du garage des tracteurs et leur approvisionnement en carburant et lubrifiant doivent être étudiés sérieusement de façon à éviter toute perte de temps (diminution du chemin pour se rendre sur les lieux de travail, arrêts par pannes sèches, mauvais entretien par suite du manque de lubrifiant, etc...).

Il serait bon d'insérer dans chaque contrat avec les entrepreneurs des clauses prescrivant une organisation de leurs chantiers. L'administration gagnerait en temps et en argent.

Il faut organiser les tracteurs en équipe avec pour chacun une tâche bien définie. L'exécution gagnera en efficacité.

Par exemple, l'équipe idéale pour l'ouverture d'une banquette est constituée par une équipe de deux tracteurs de forces différentes: le plus gros sous-sole et ouvre la plate-forme et le plus faible termine la banquette le nivellement et le bourrelet.

* * *

Ligne de base

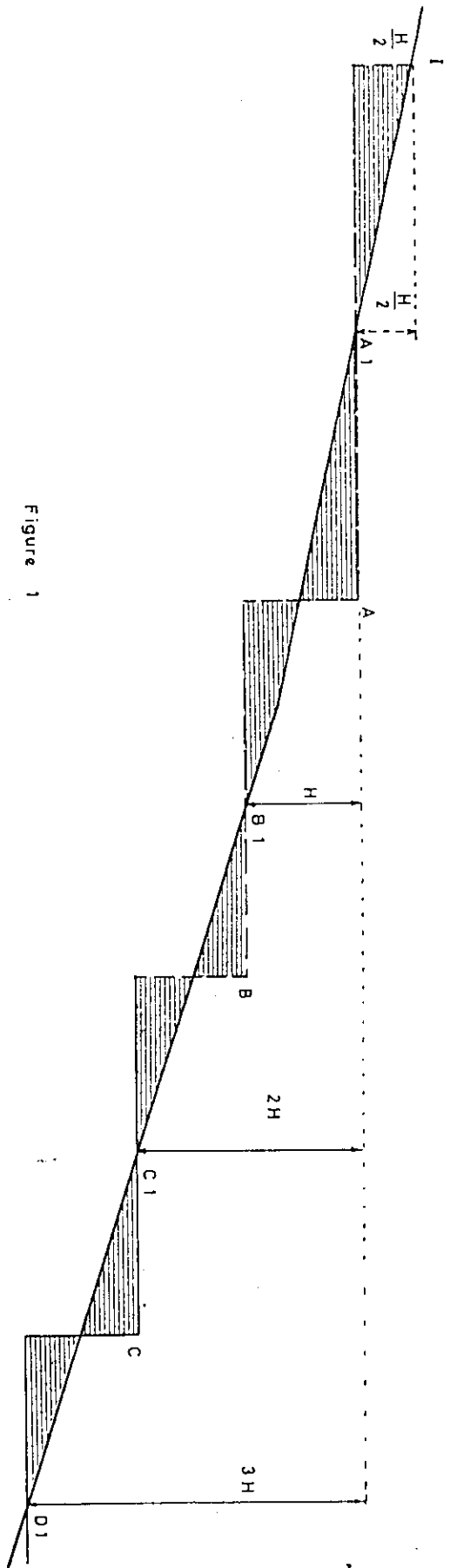


Figure 1

implantation des terrasses avec la hauteur H des murs constante
(Noter avec le changement de pente, la diminution de la largeur de la terrasse)

e de base

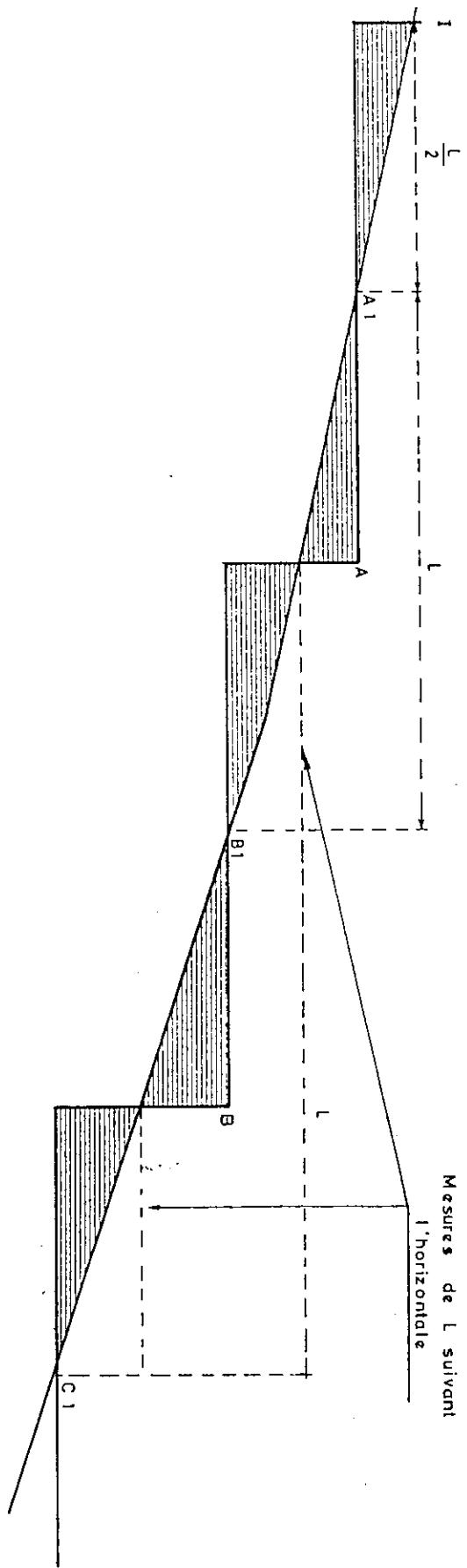


Figure 2

Implantation des terrasses avec la largeur L constante (Noter avec le changement de pente, la hauteur plus grande du talus B)

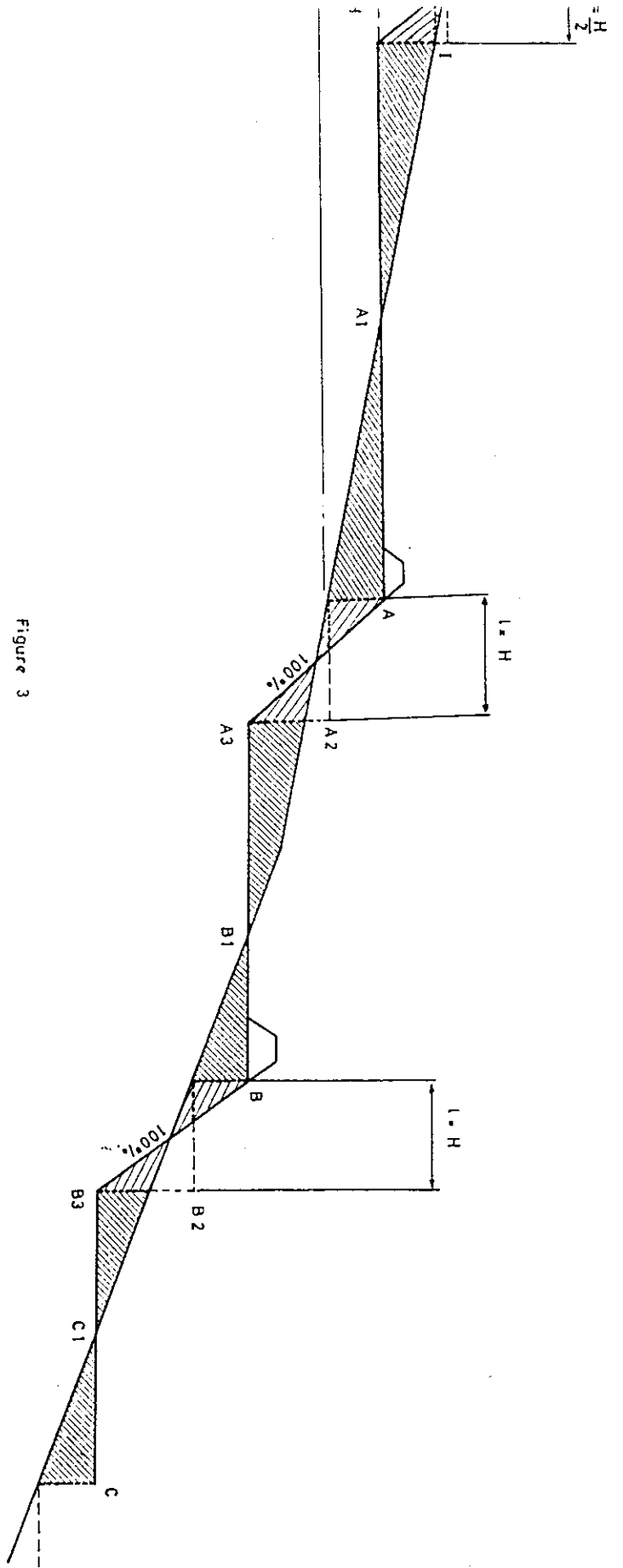


Figure 3

Implantation des terrasses avec talus naturels

(Ici la hauteur H du talus est constante - A.A.3 = B.B.3)

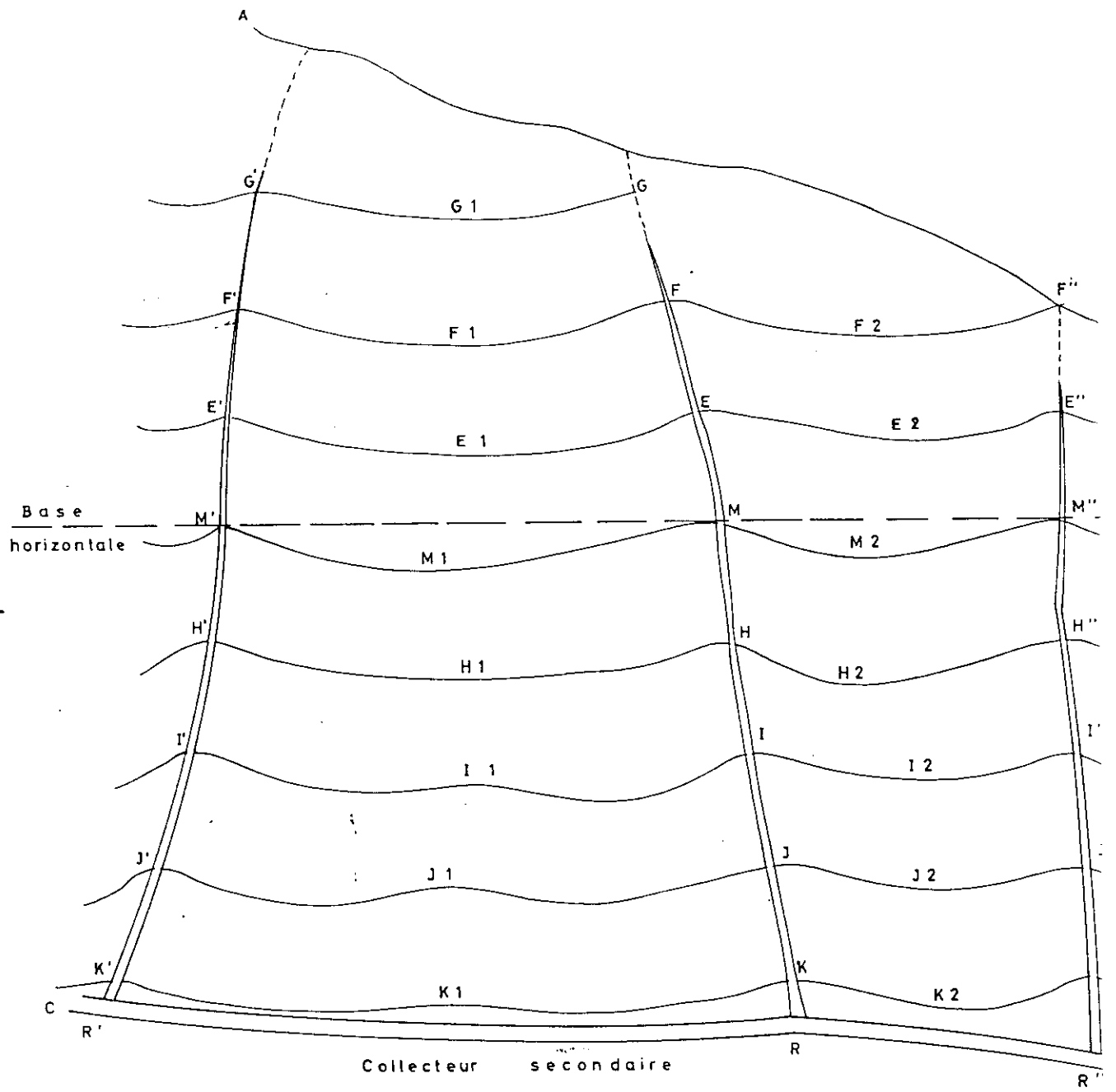


Figure 4
 Tracé de banquettes continues a partir des exutoires

(53)

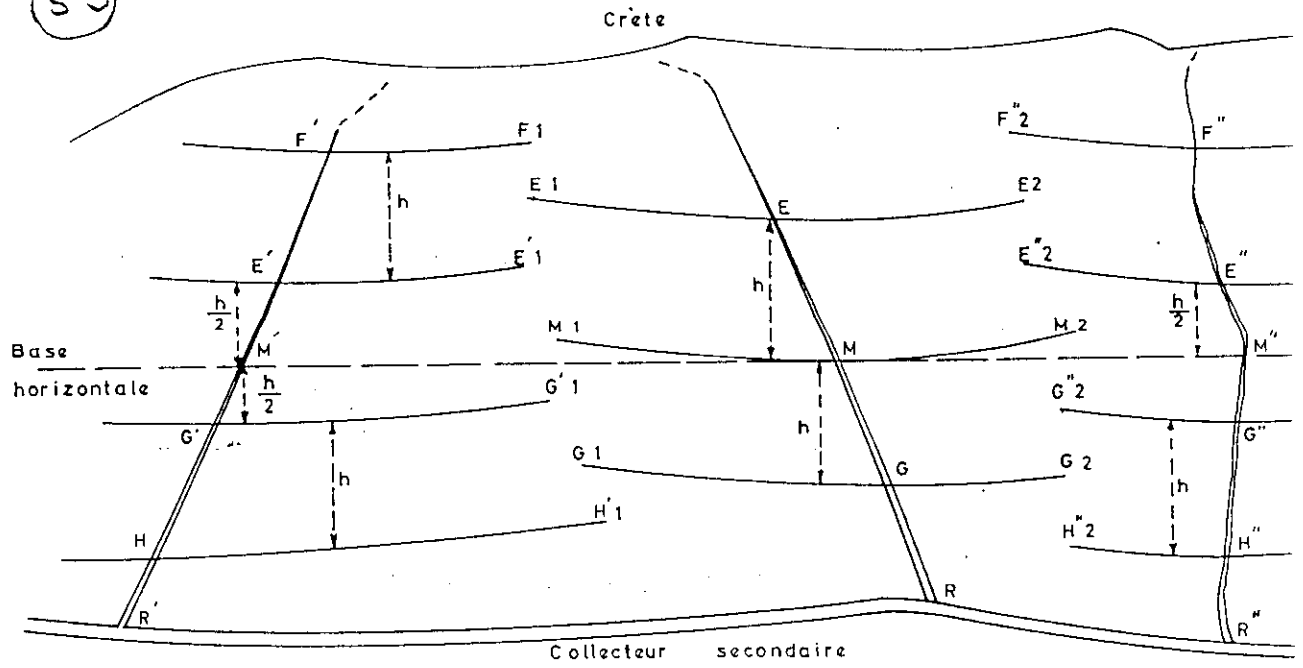


Figure 5

Tracé à partir des collecteurs de banquettes alternées sur les croupes

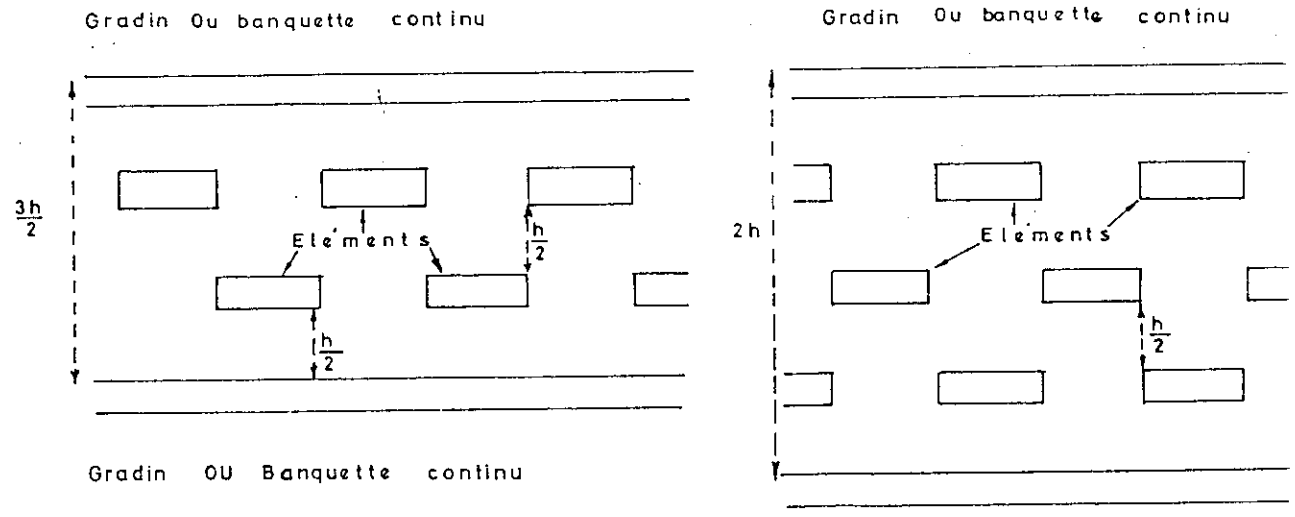


Figure 6

Disposition en quinconce des éléments de gradins dans un système de gradins ou de banquettes continus

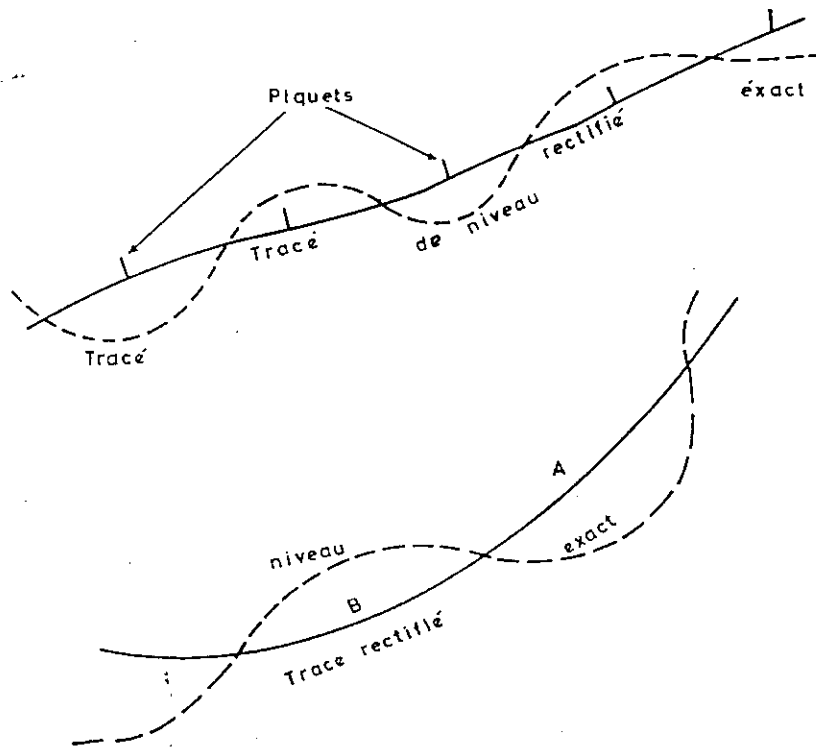


Figure 7

Rectification des tracés

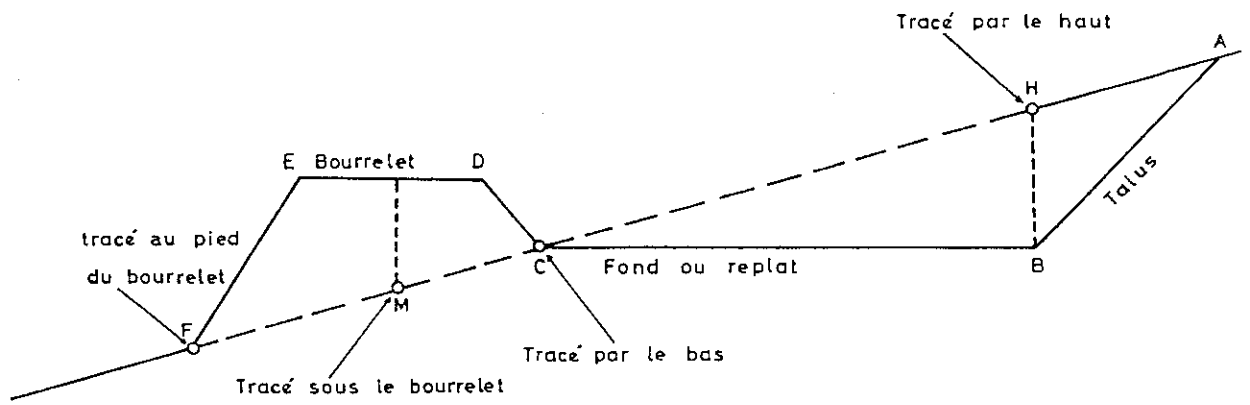


Figure 8

Positions des divers tracés d'une banquette

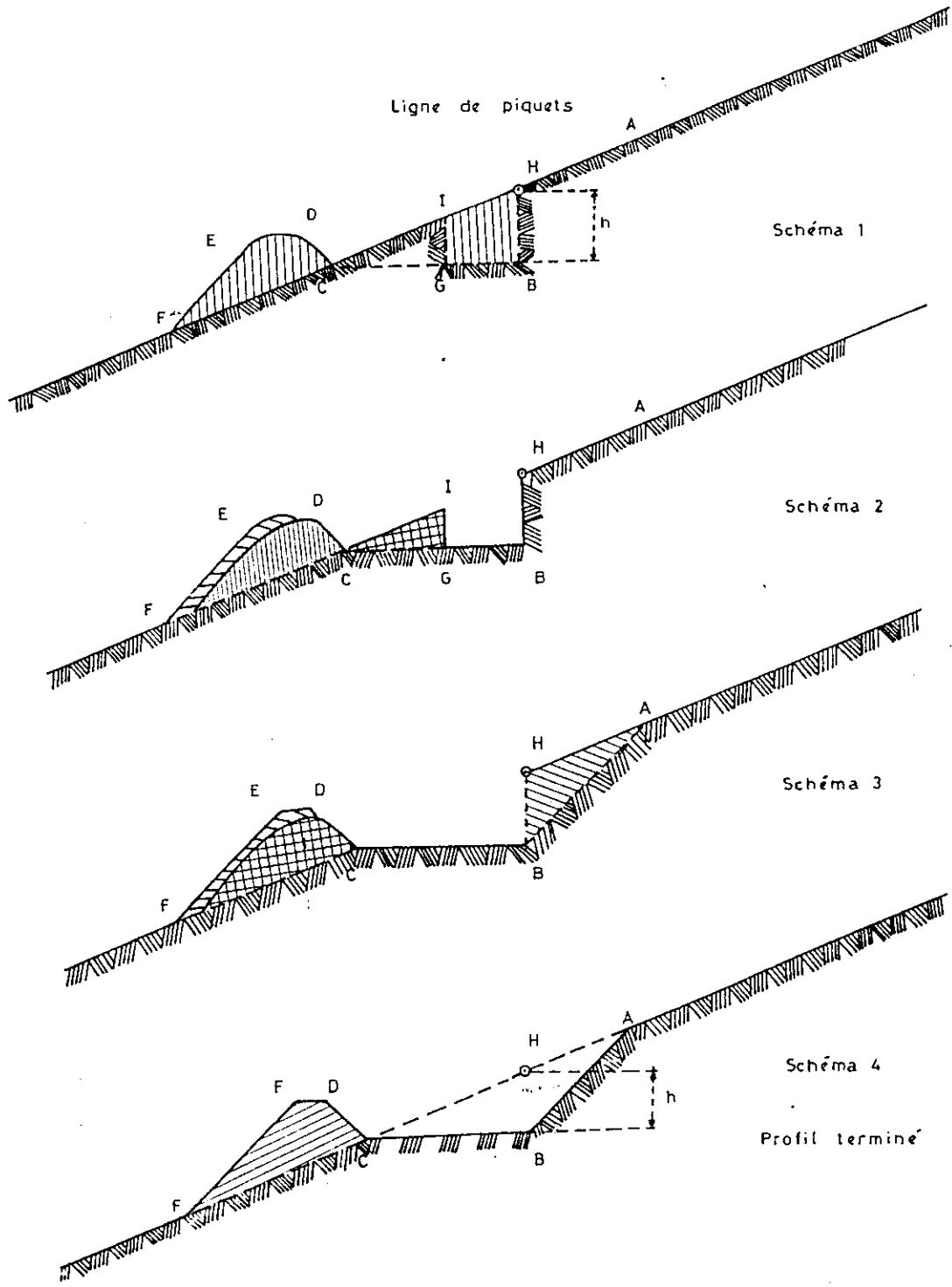


Figure 9

Tracé par le haut (point H) - ouverture
au petit outillage d'une banquette à profil normal.

الجمهورية اللبنانية
مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
مركز مشاريع ودراسات القطاع العام

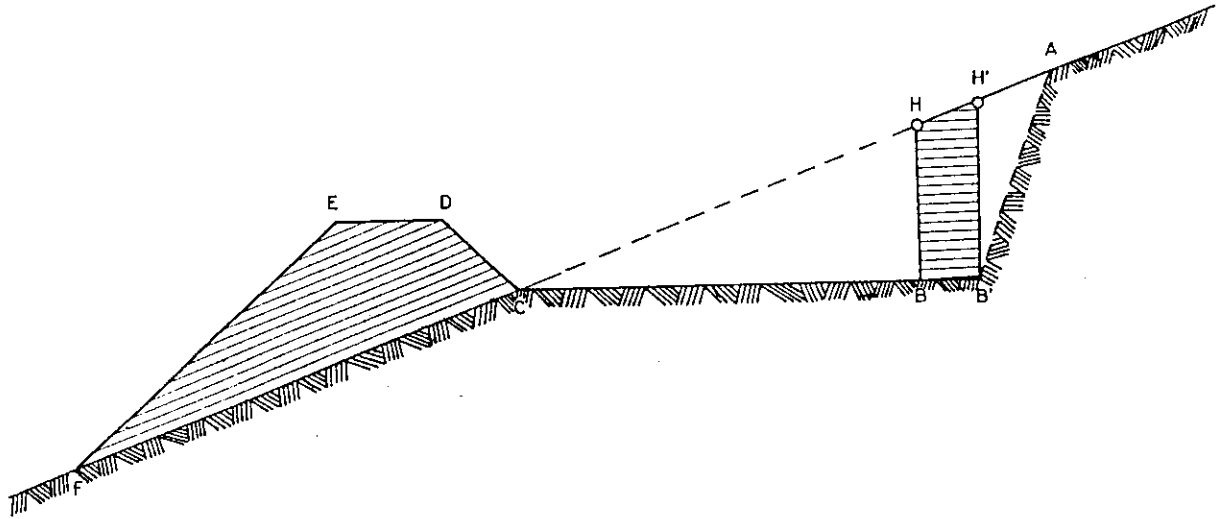
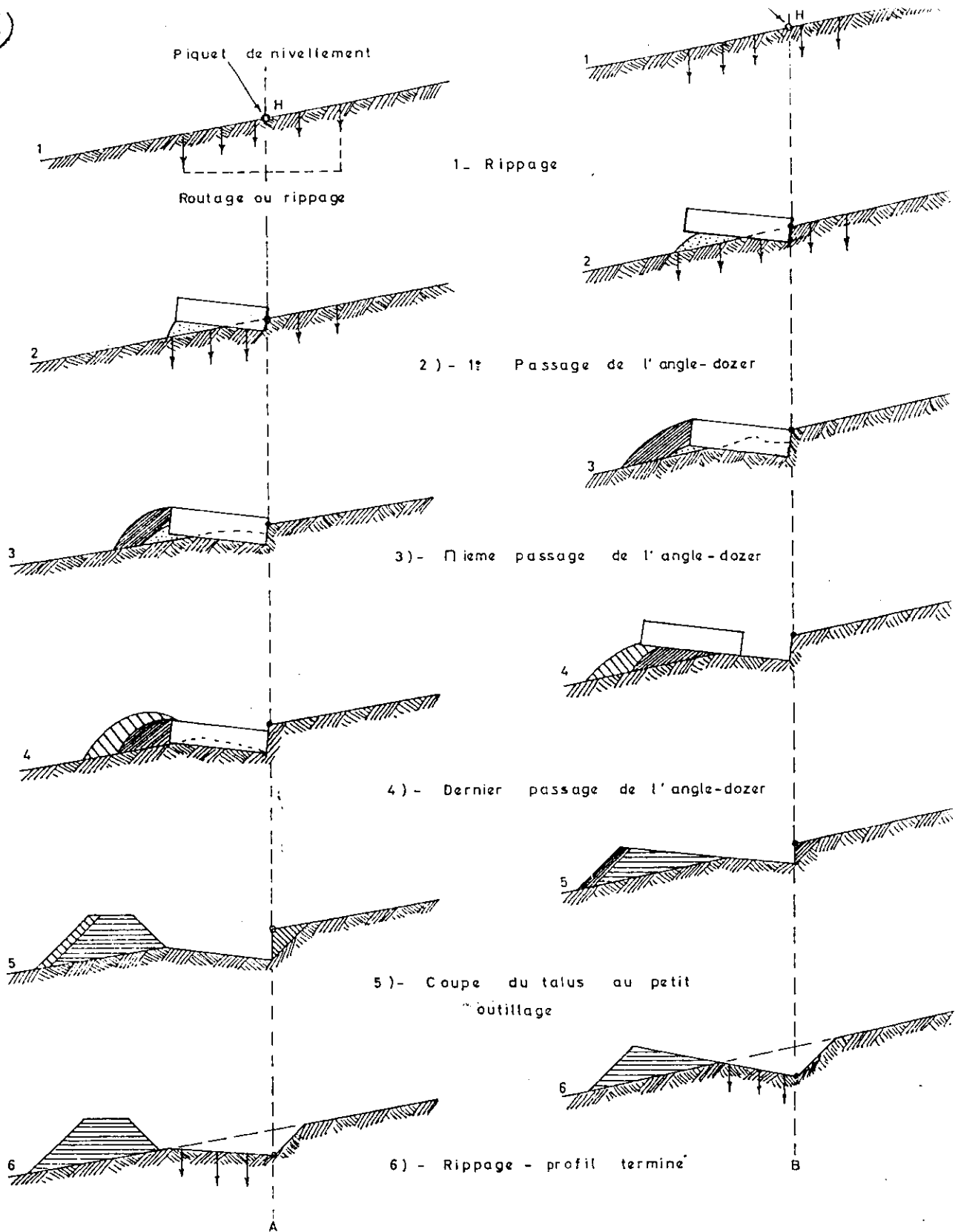


Figure 10

Tracé par le haut - élargissement d'une banquette

(58)



Profil normal

Figure 11 (A et B)

Profil en V ou déversé

Tracé par le haut - ouverture de banquette au tracteur

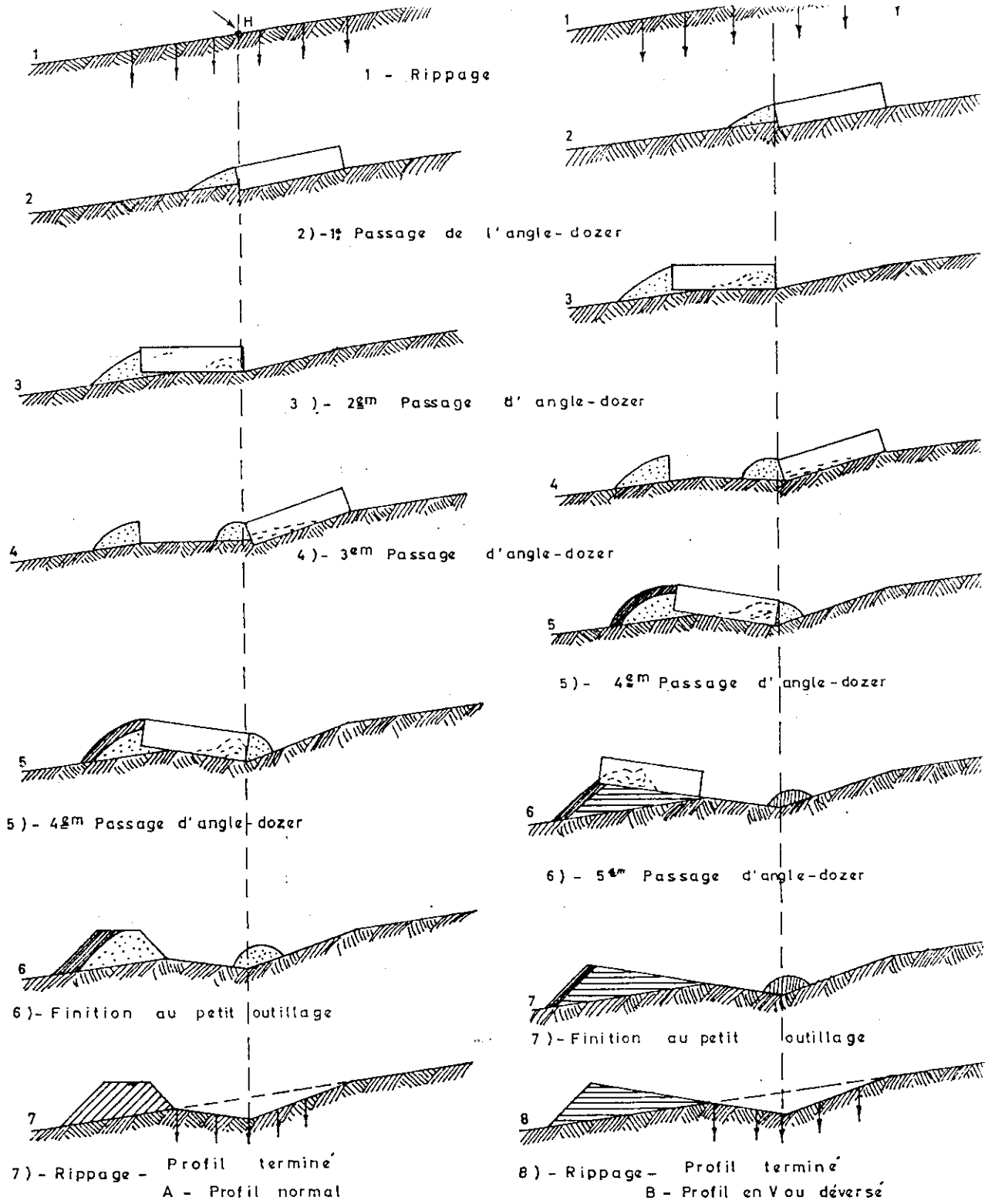


Figure 12 A et B

Tracé par le haut - ouverture de banquettes a talus coupé au tracteur

(60)

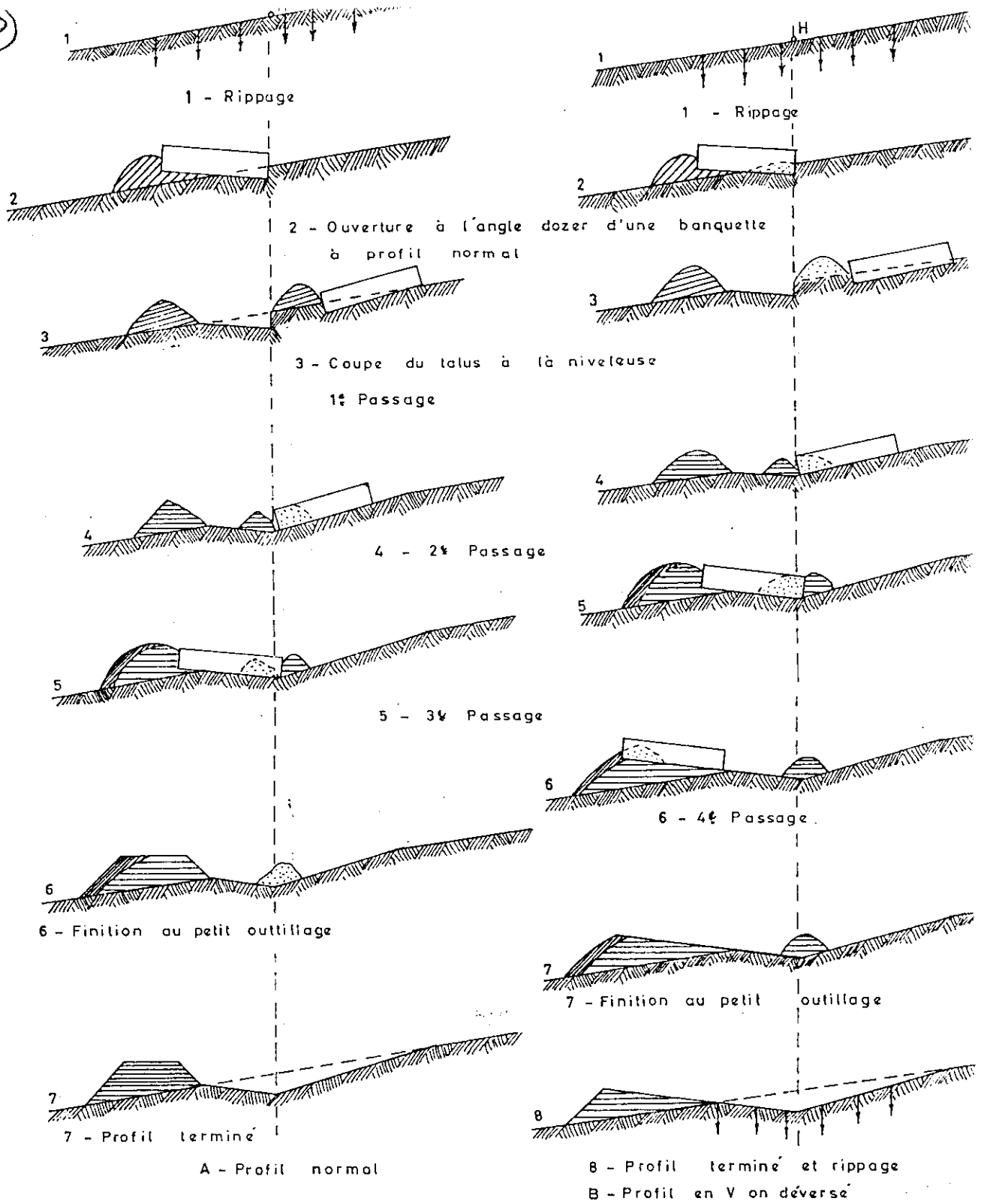


Figure-13 A et B

Tracé par le haut ouverture de banquette à talus coupé au tracteur et à la niveleuse

(61)

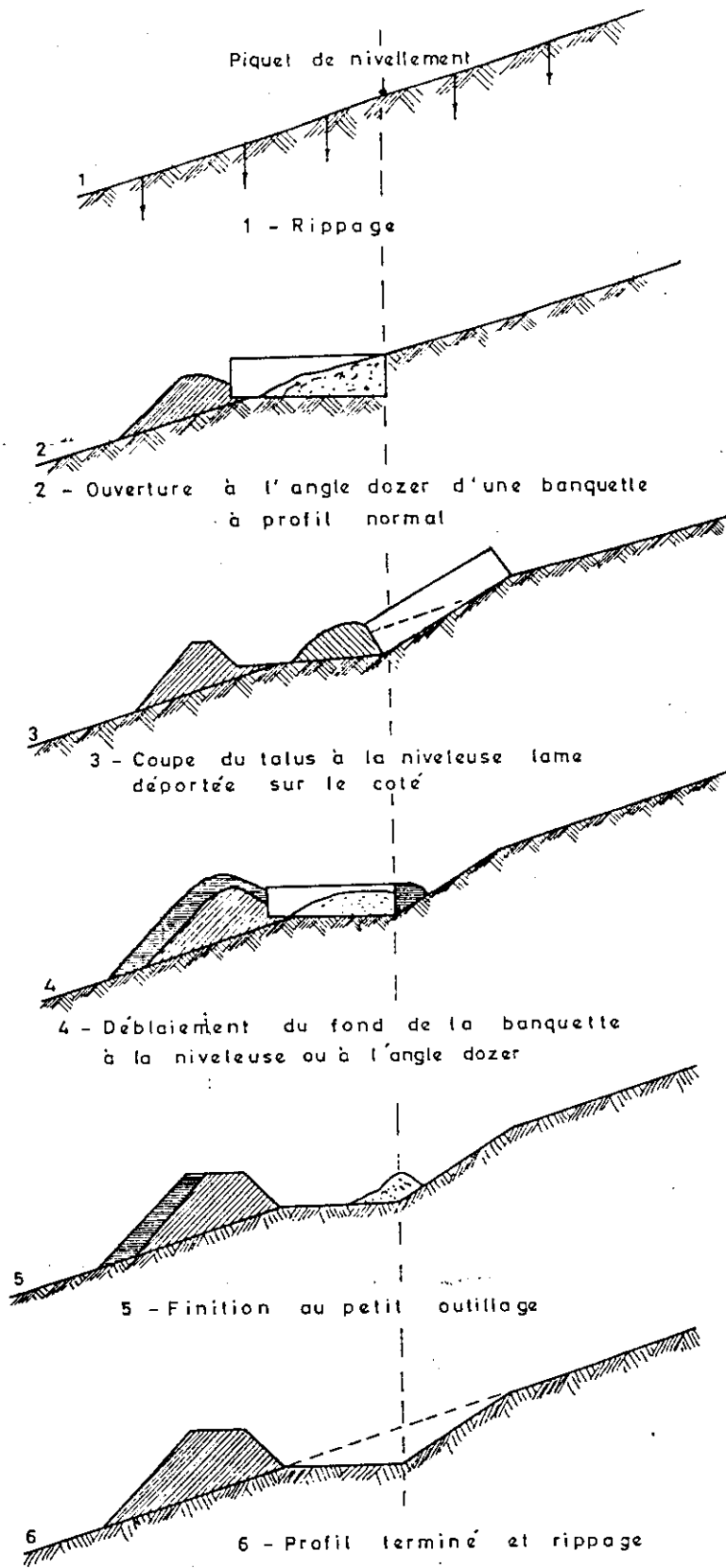


Figure 14

Trace par le haut-coupe du talus à la niveleuse lame déportée

62

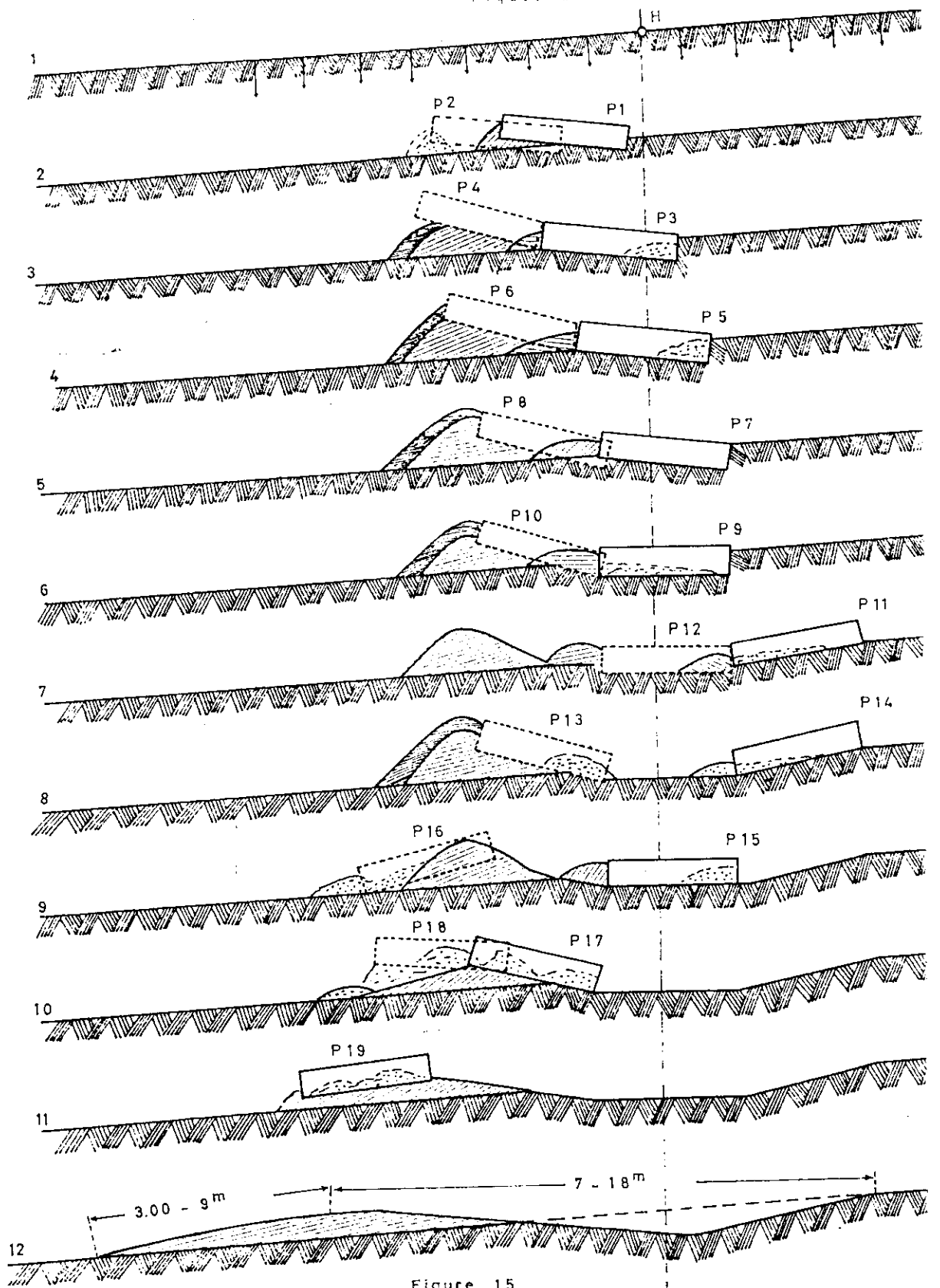


Figure 15

Tracé par le haut - ouverture de banquette à double courbure

Les passages précédents sont représentés à la
figure $\frac{12}{15}$ - lignes 1 à 7

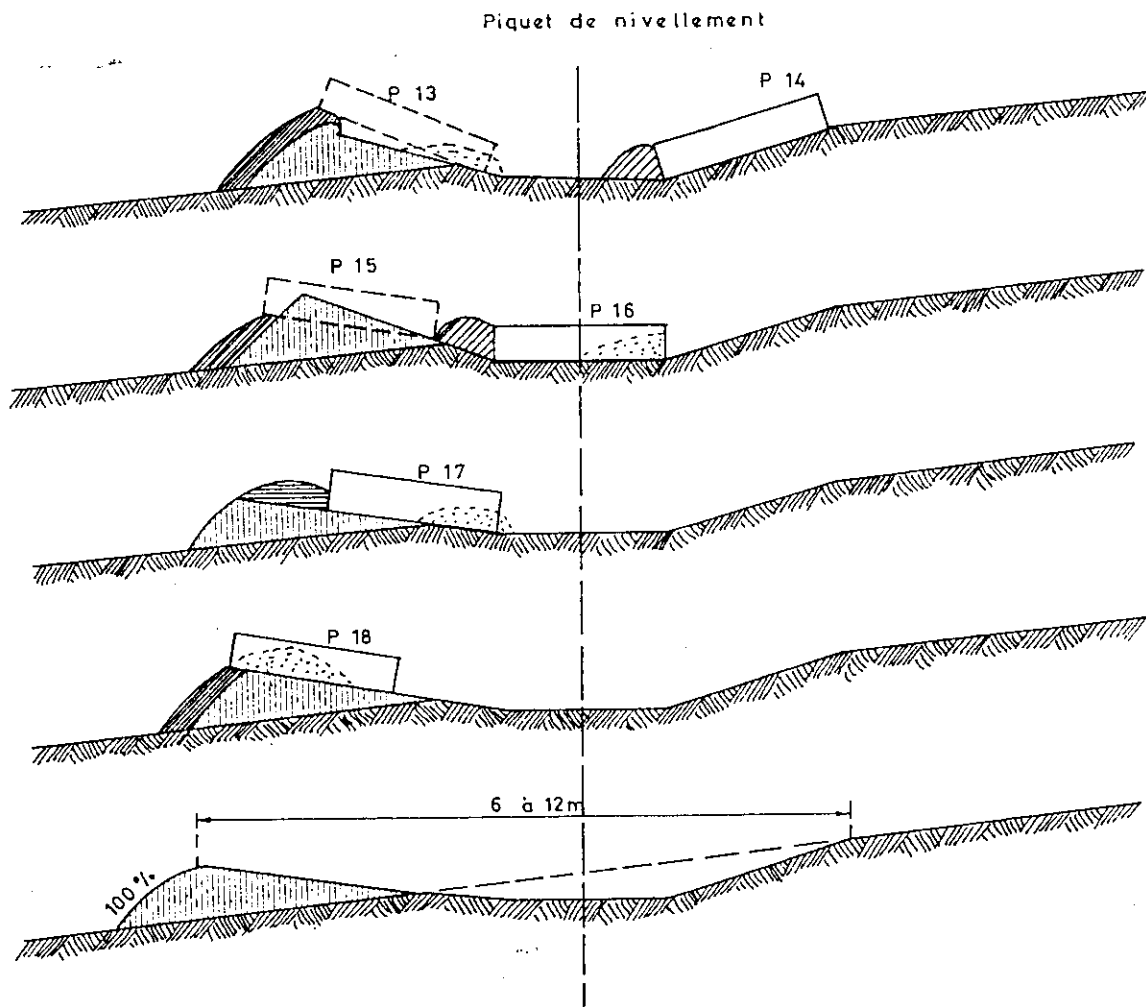
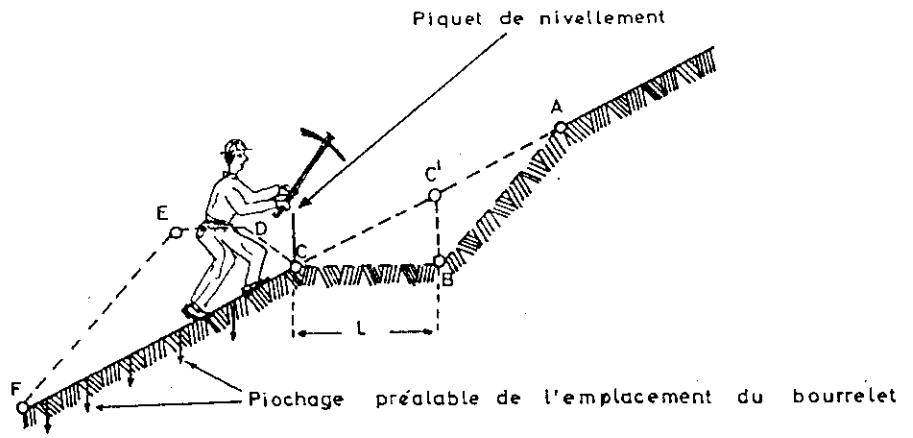


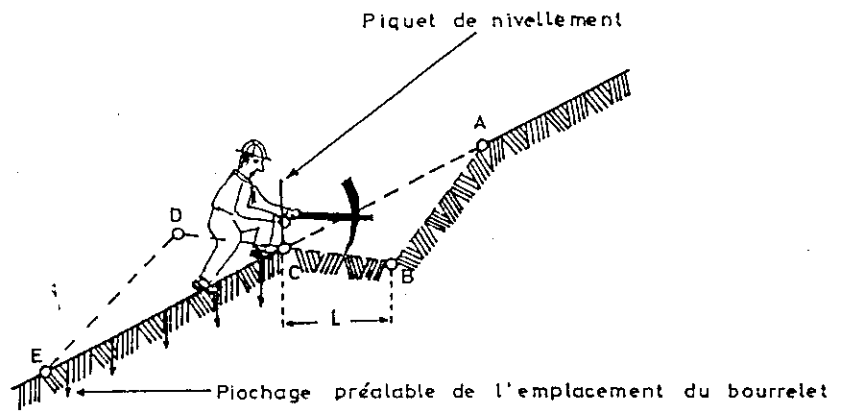
Figure 16

Trace par le haut - ouverture de banquettes à simple courbure

64



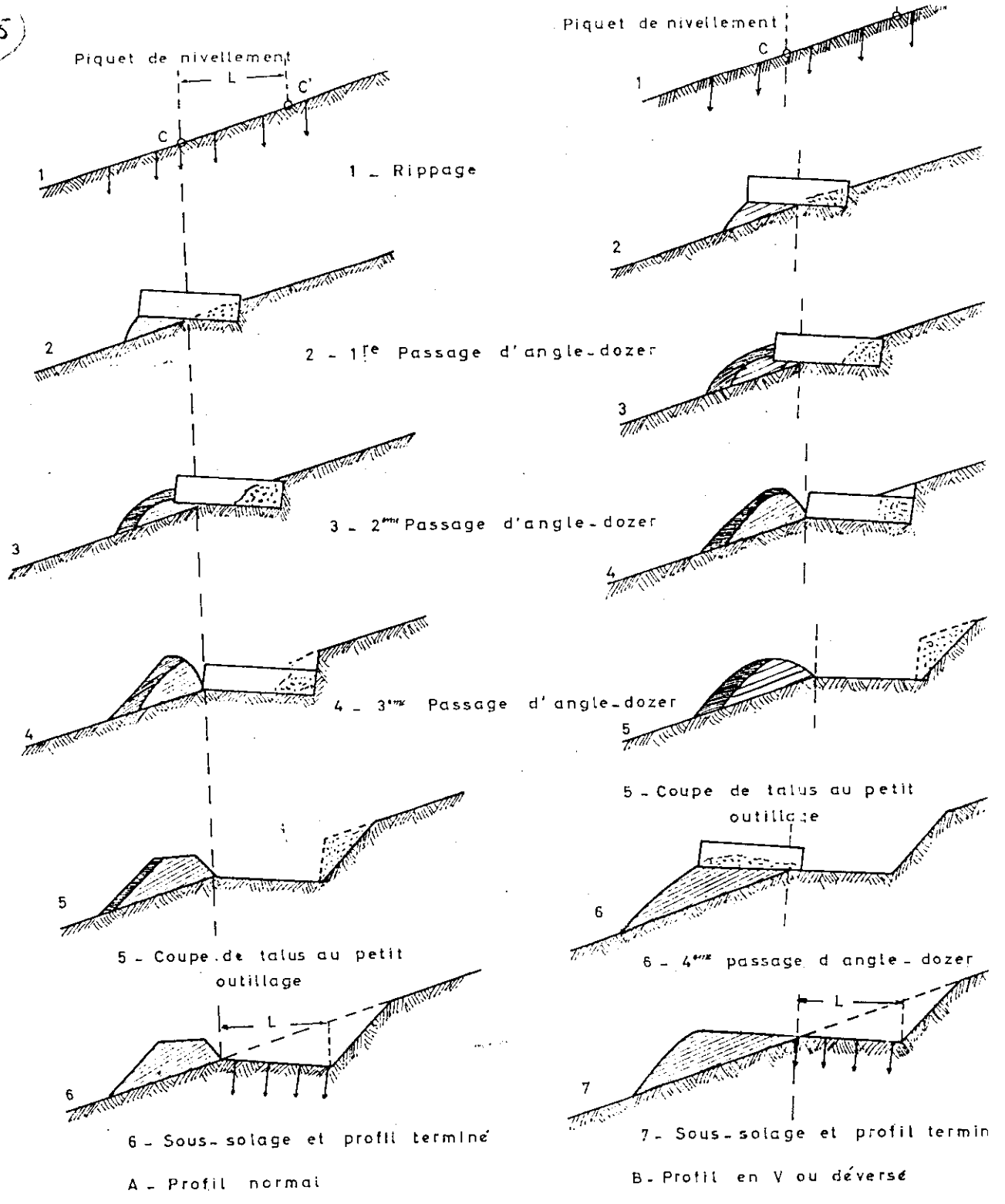
A - ouvrage à profil normal



B - Ouvrage à profil en V ou déversé

Figure 17

Tracé par le bas... ouverture de gradin de reboisement et de banquette
à profil normal et à profil en V ou déversé



Figures - 18 A et B

Trace' par le bas - ouverture de banquette au tracteur -

66

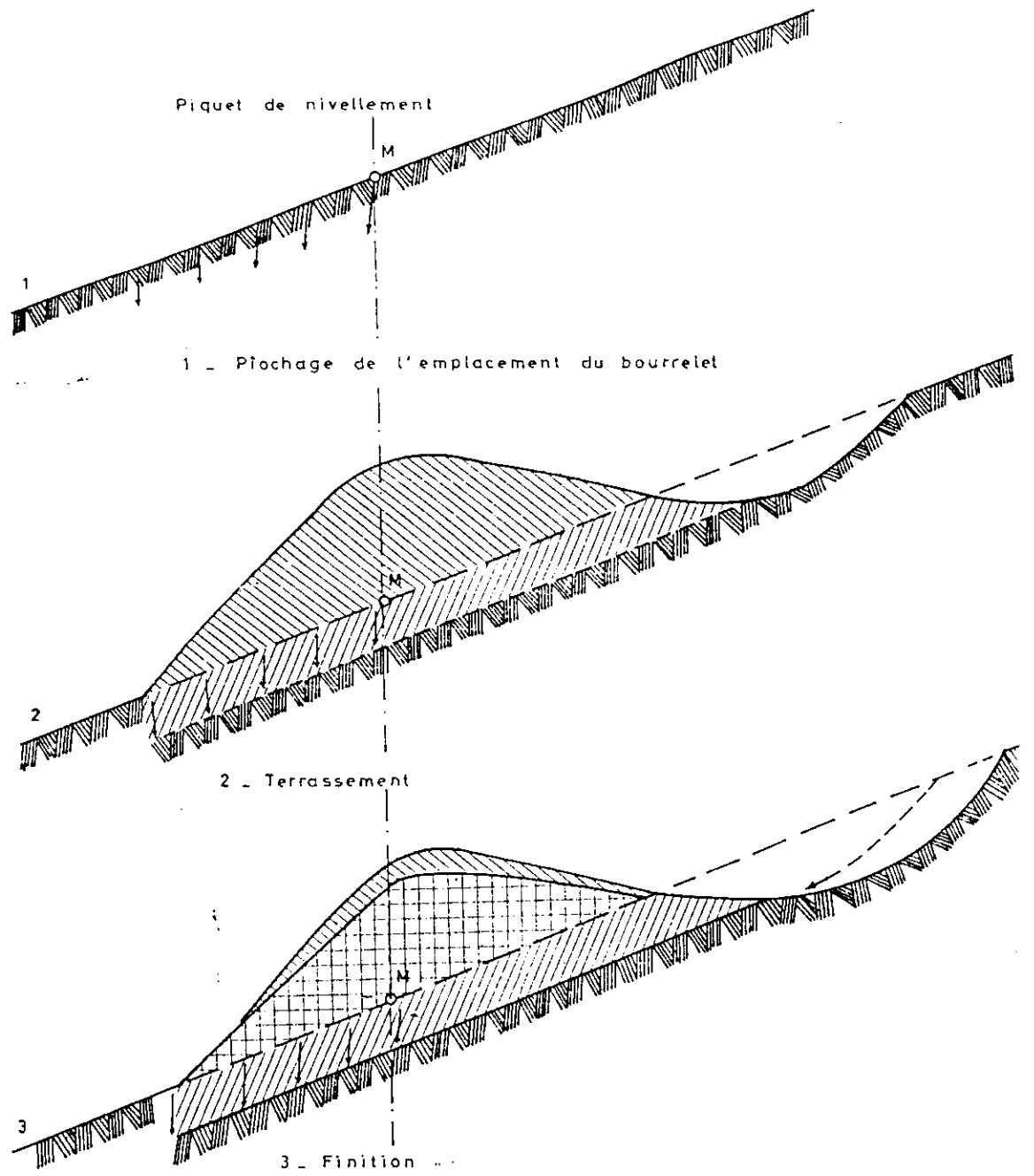
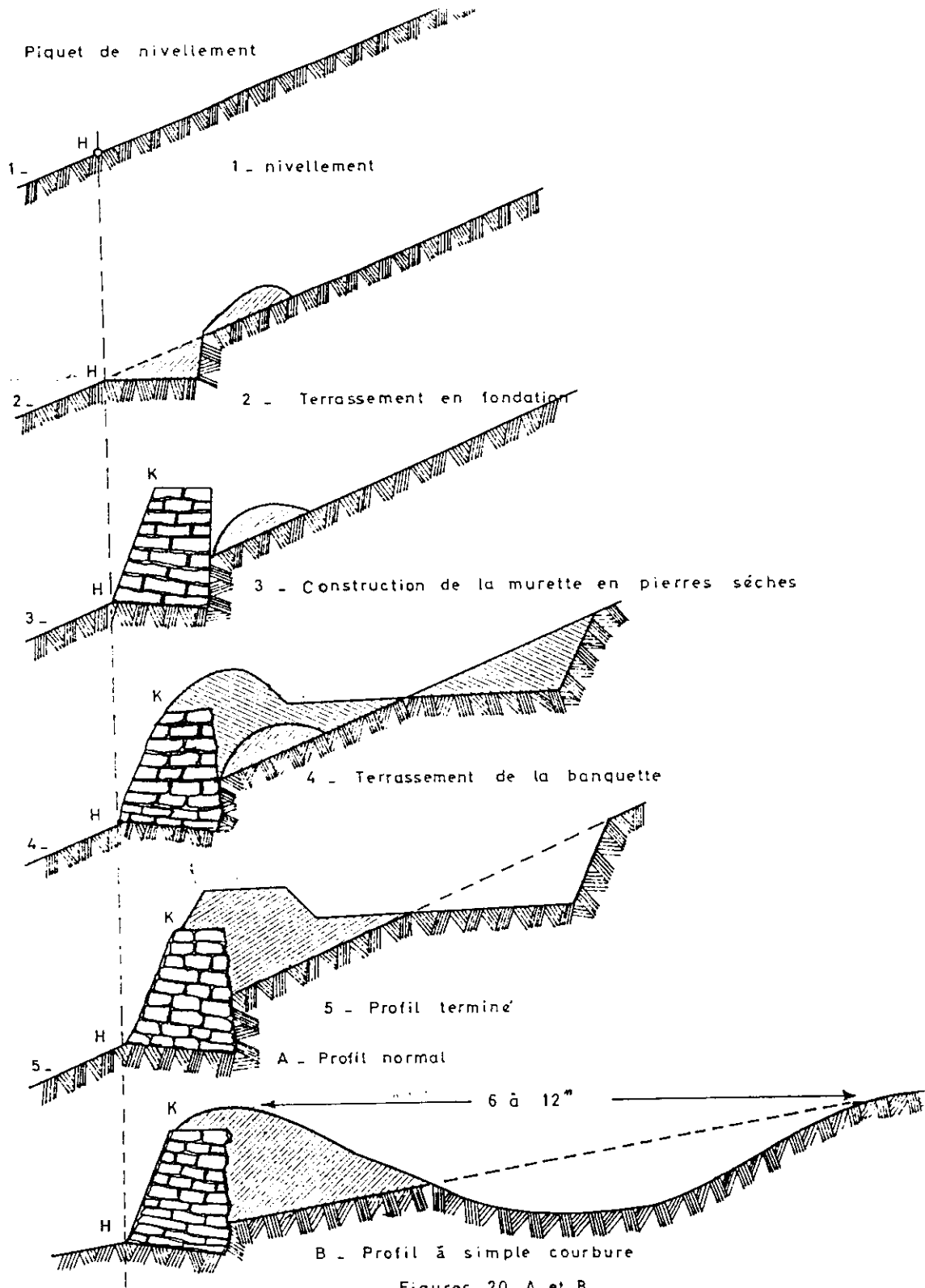


Figure 19

Trace sous le bourrelet - ouverture de gradin de reboisement -

67

Piquet de nivellement



Tracé au pied du bourrelet - ouverture banquette sur murette de pierres sèches

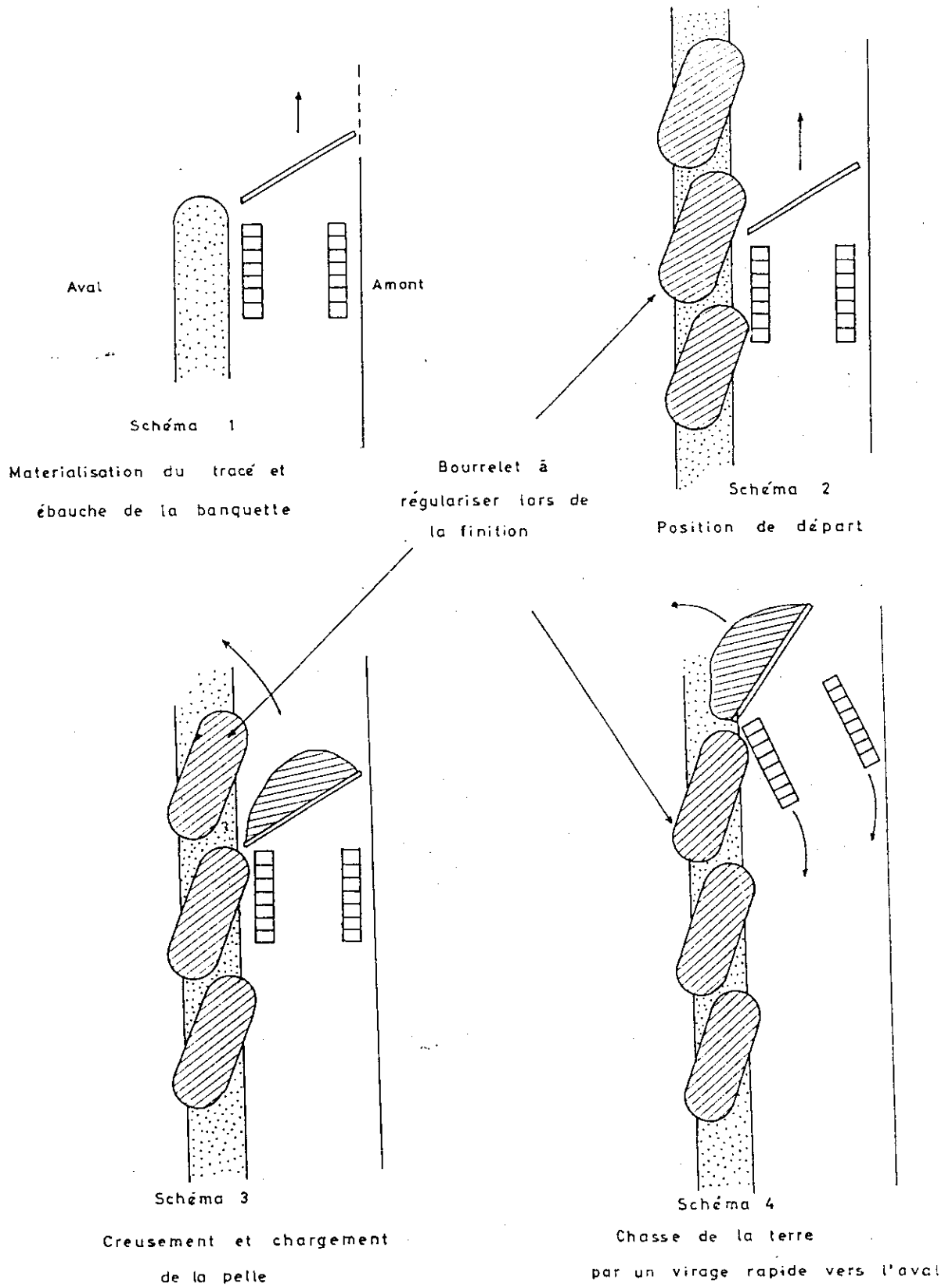


Figure 21

Terrassement par chasses successives ou en virgules

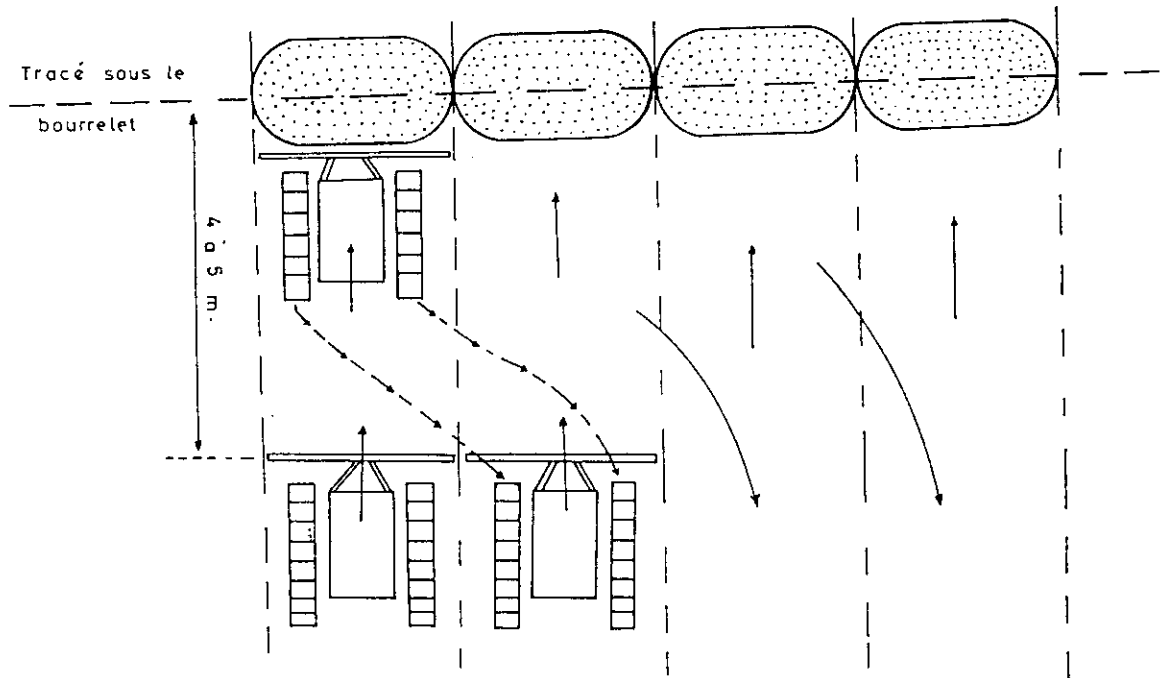


Figure 22

Terrassement suivant la grande pente
(le tracteur est équipé en bull - dozer)

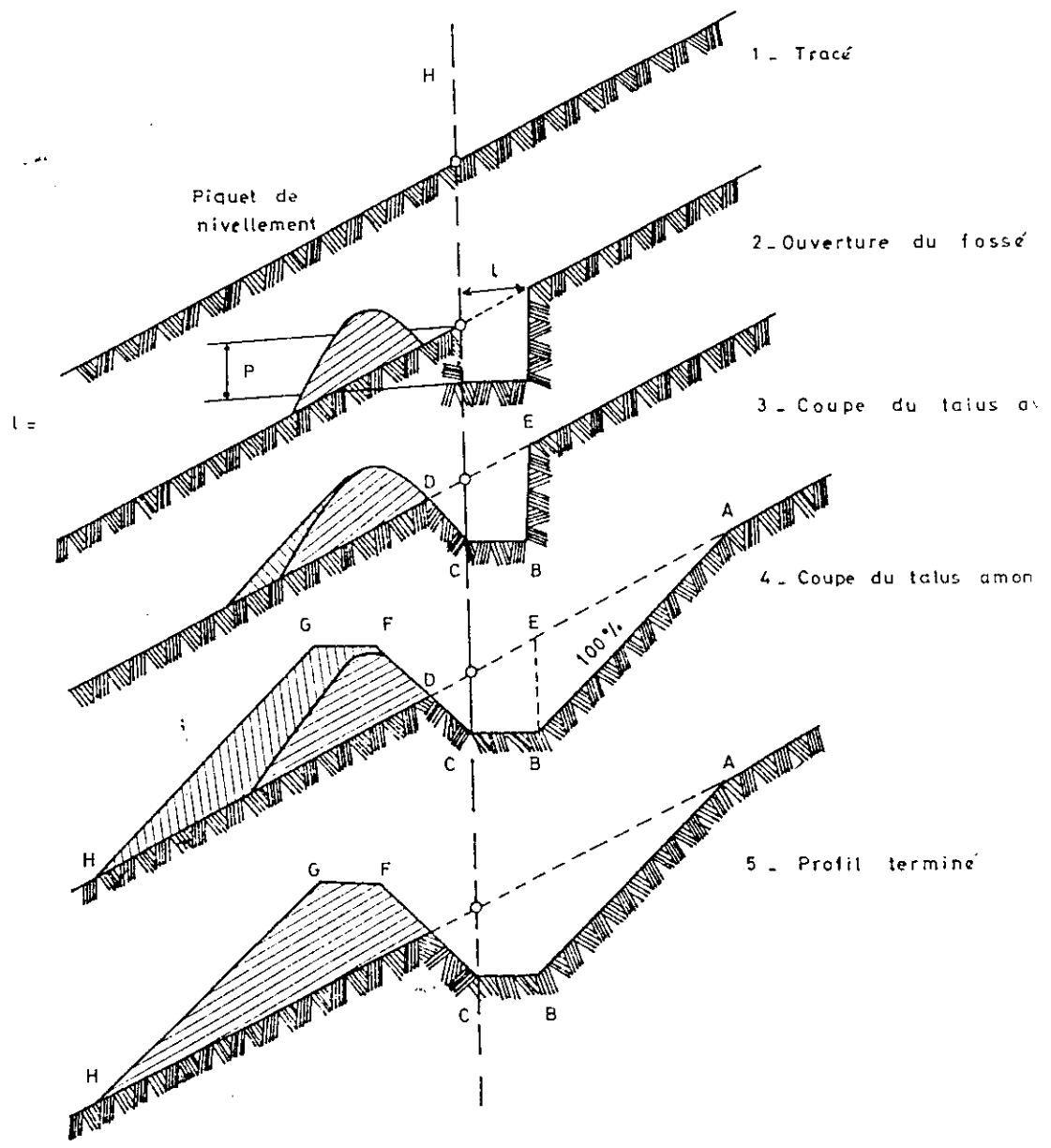


Figure 23

Execution du fossé de protection
(Petit outillage)

71

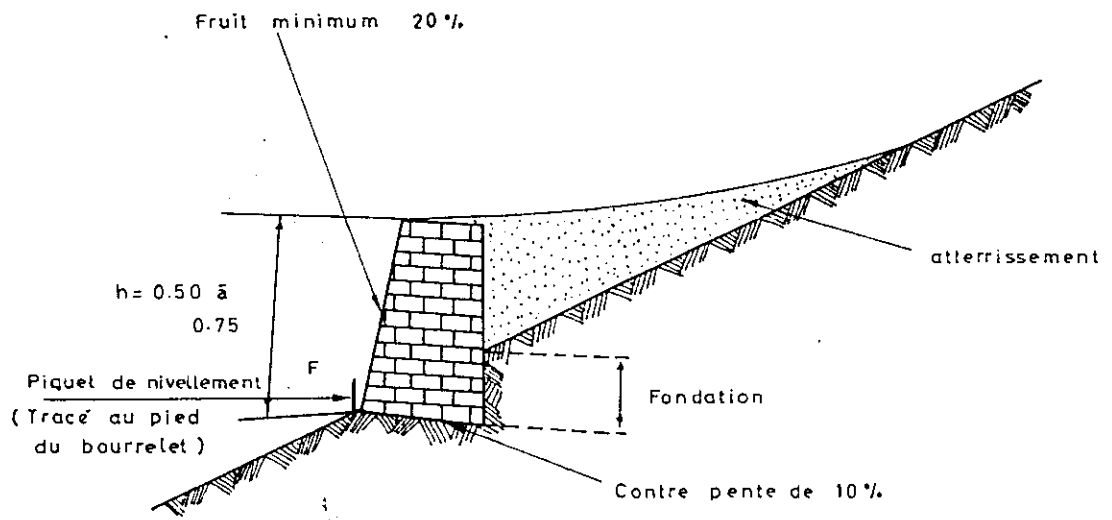


Figure 24

Construction de murettes en pierres sèches

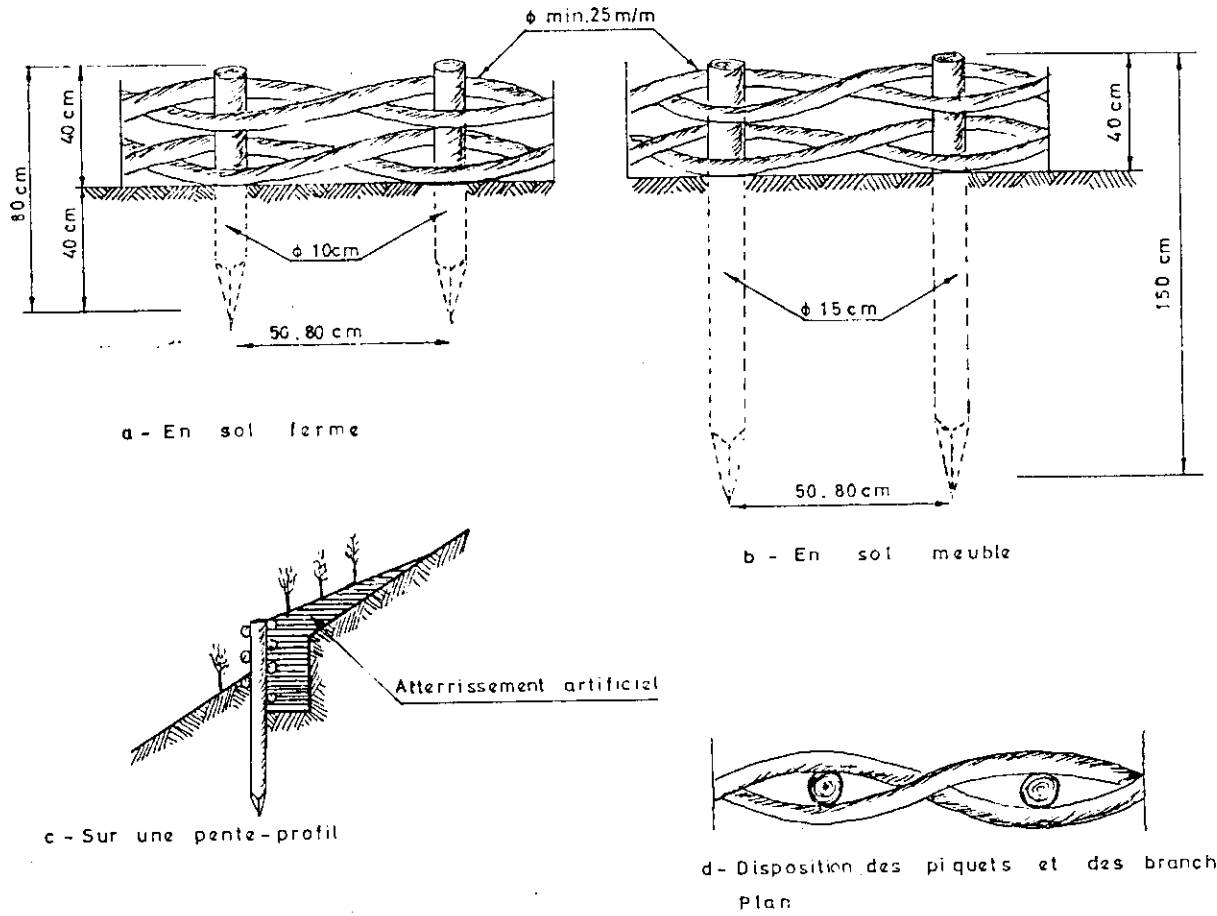


Figure 25 - CLAYONNAGES

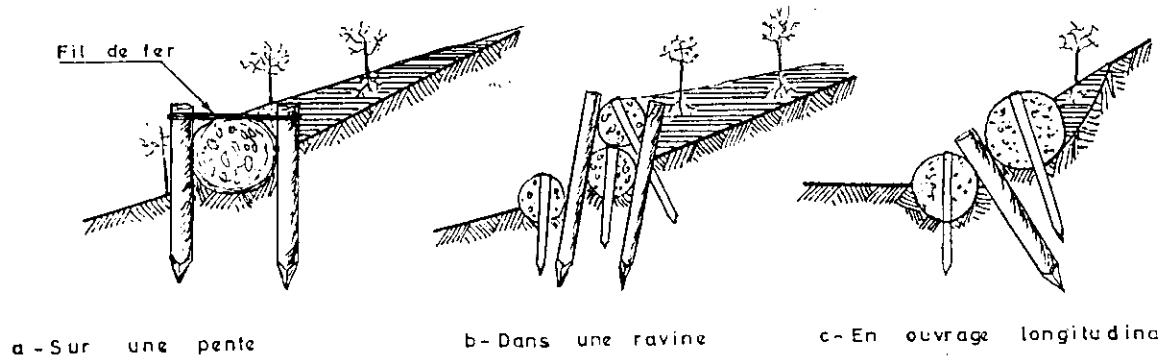


Figure 26 - FASCINAGES

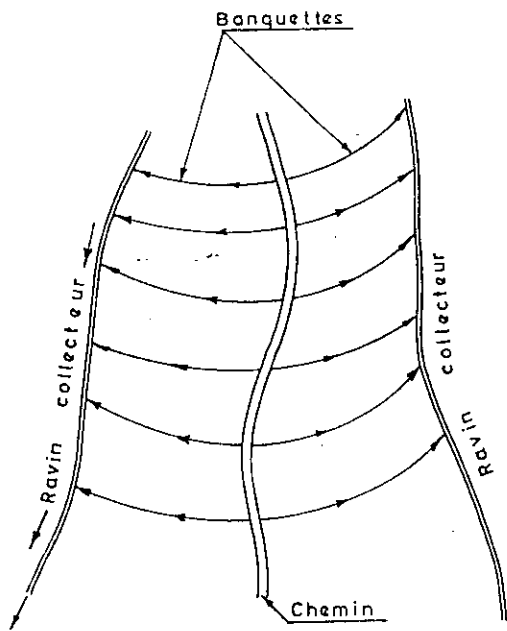


Figure 27

Le chemin suit une croupe les banquettes se déversent de part et d'autre du chemin.

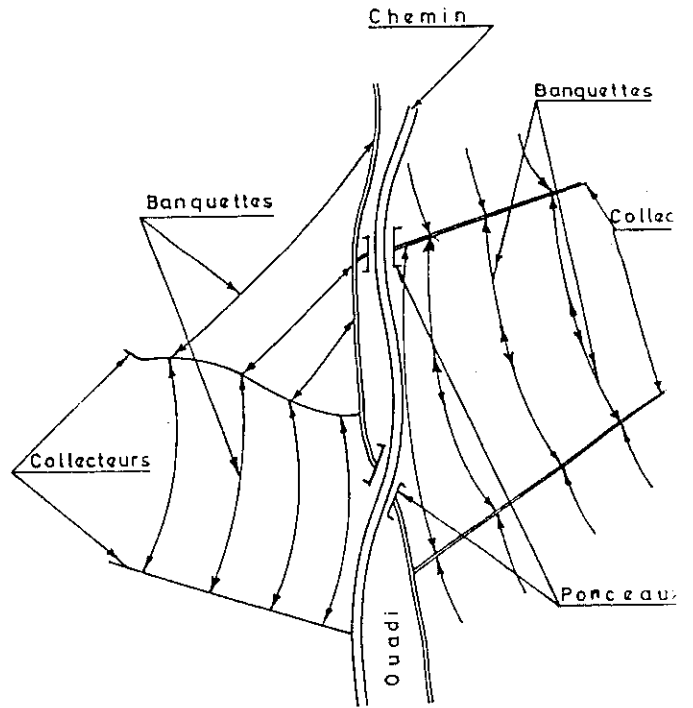


Figure 28

Le chemin suit un ouadi, soit sur une rive, soit sur l'autre

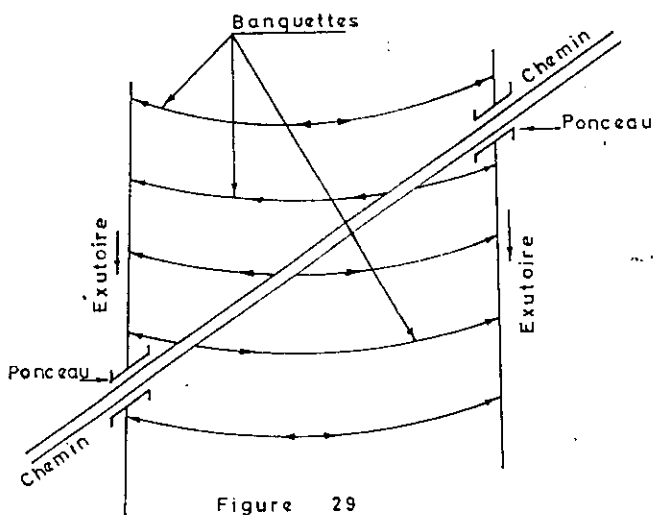


Figure 29

Le chemin coupe une pente par son travers

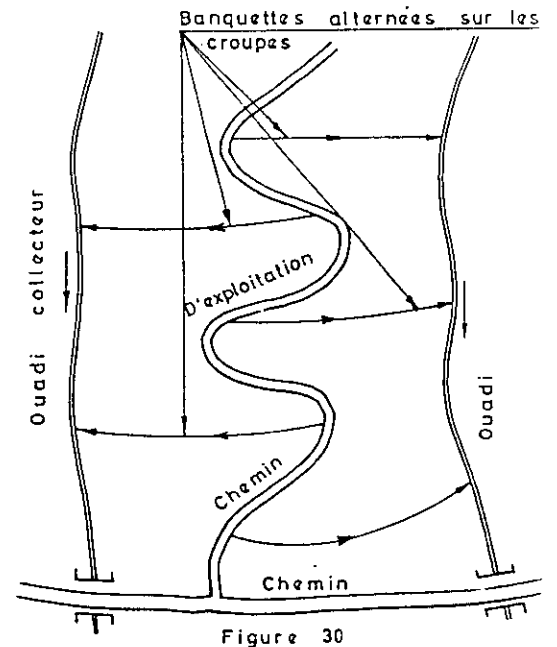
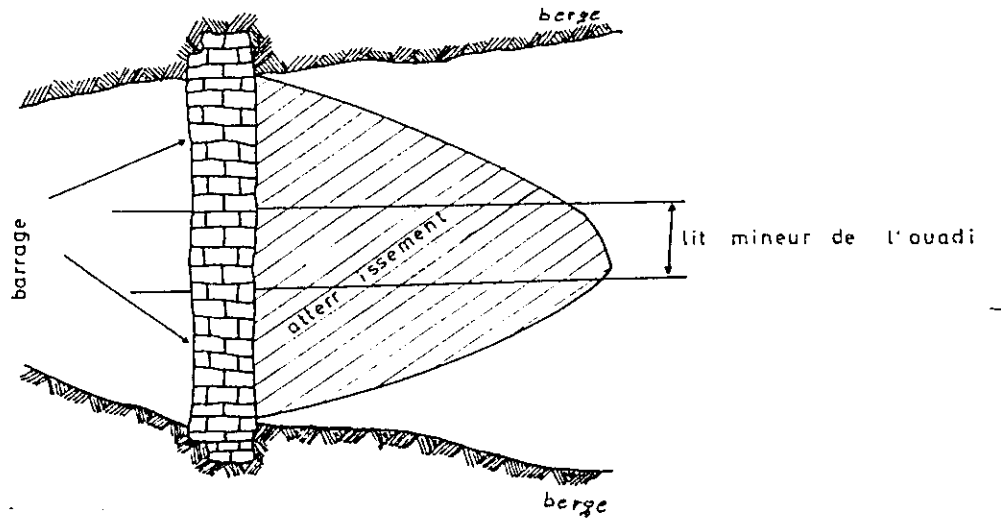
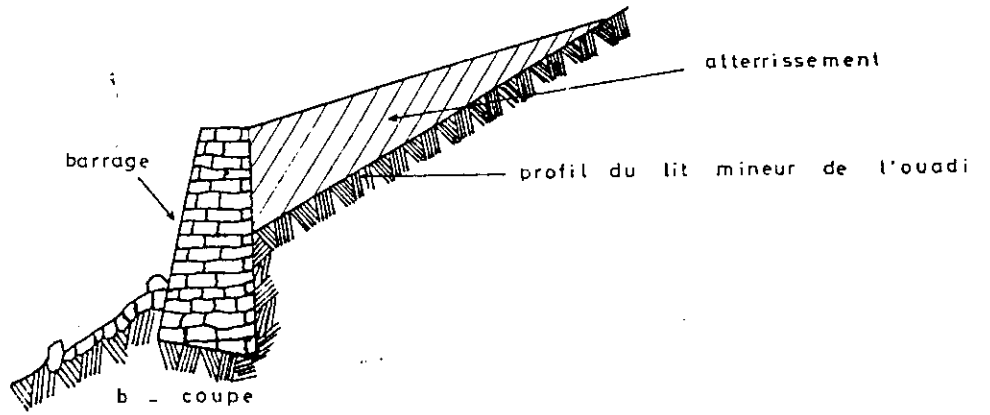


Figure 30

Le chemin est construit en lacets le long de la croupe



a - plan



b - coupe

Figure 31

Formation des atterrissements en amont des barrages

75

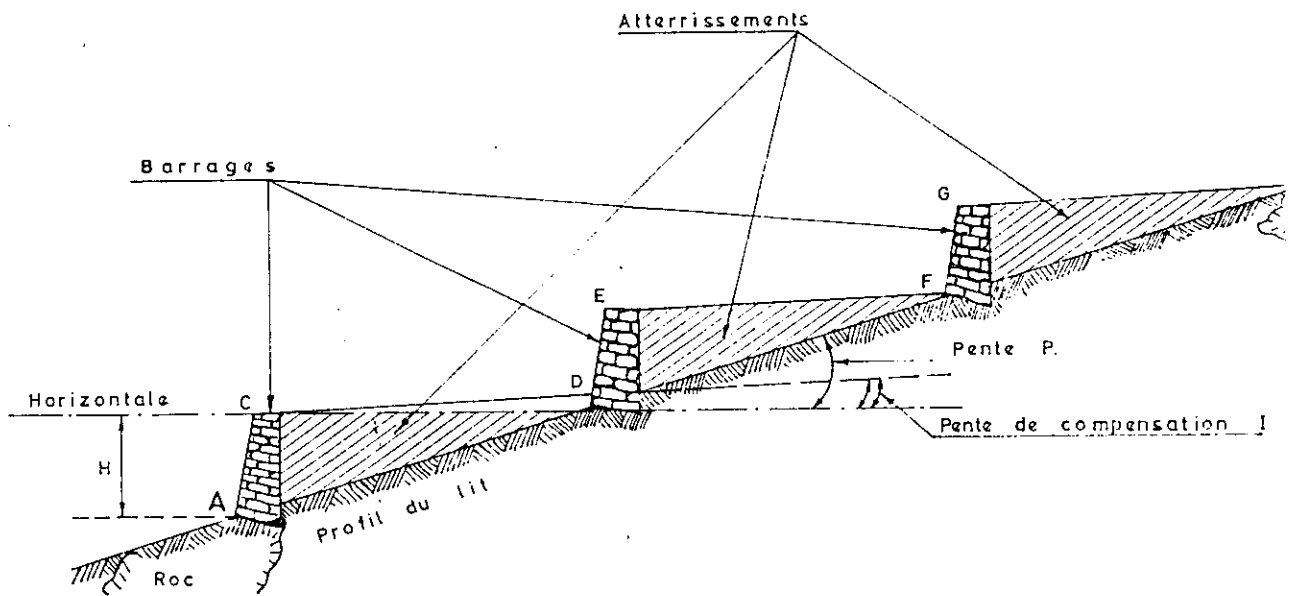


Figure 32

Implantation des barrages dans un torrent

(ici la longueur L. est celle de la section AB).

(76)

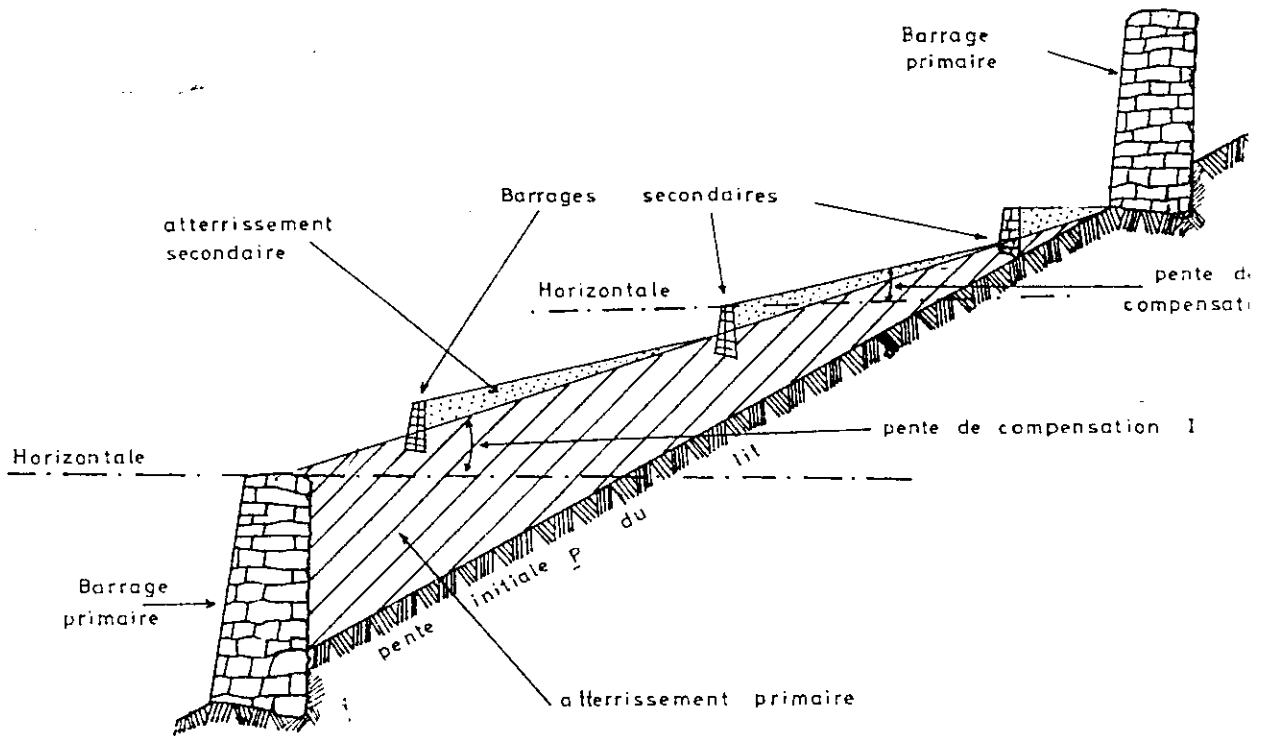
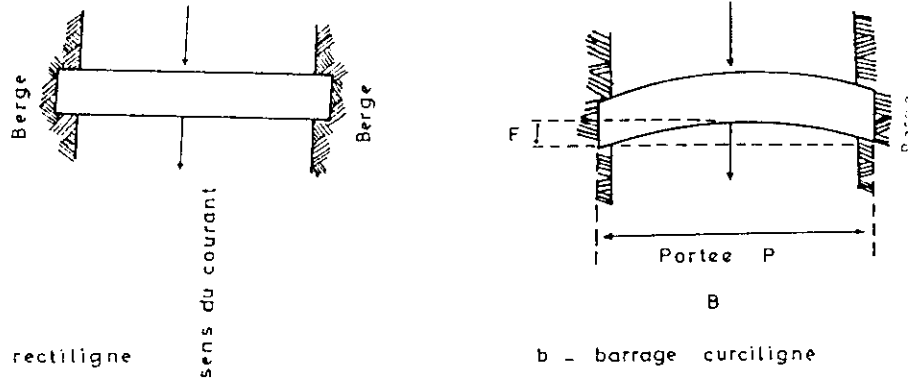


Figure 33

Implantation des barrages secondaires (I' - I)



a - barrage rectiligne

b - barrage curviligne

Figure 34

Formes des barrages

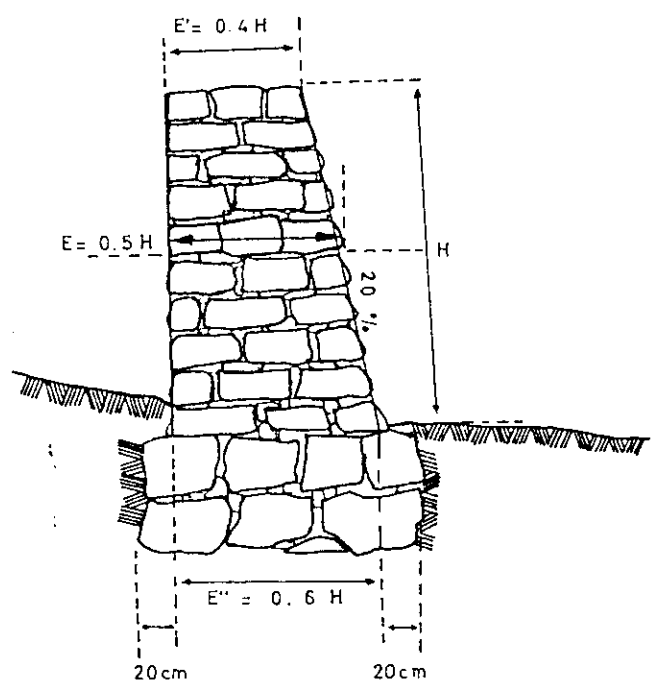


Figure 35

Fruit et épaisseur moyenne d'un barrage



a - Forme rectangulaire



b - Forme trapézoïdale



c - Forme curviligne

Figure 36

Formes des déversoirs

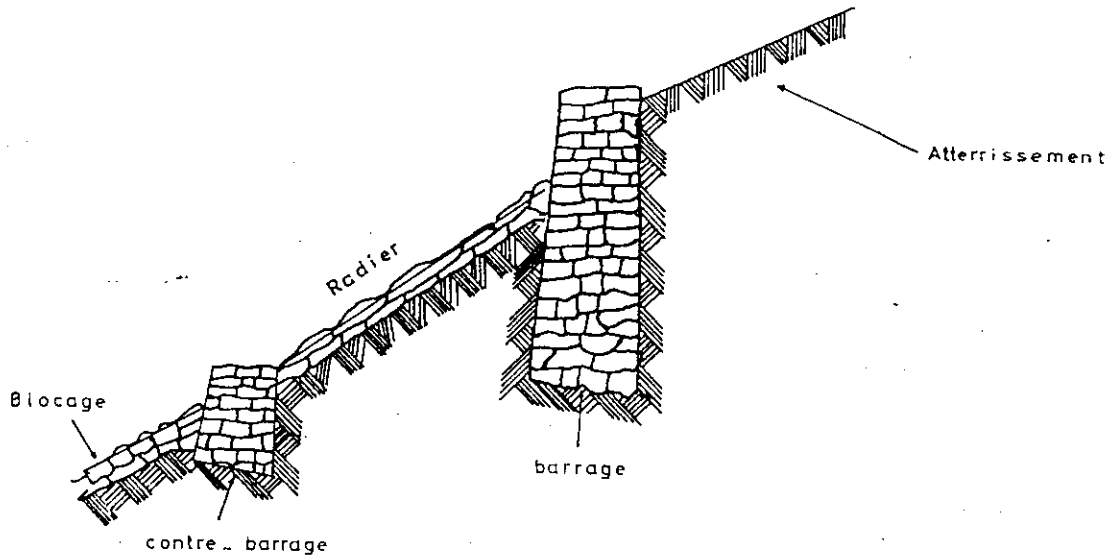


Figure 37

Construction d'un contre-barrage

(lutte contre l'affouillement au pied du barrage)

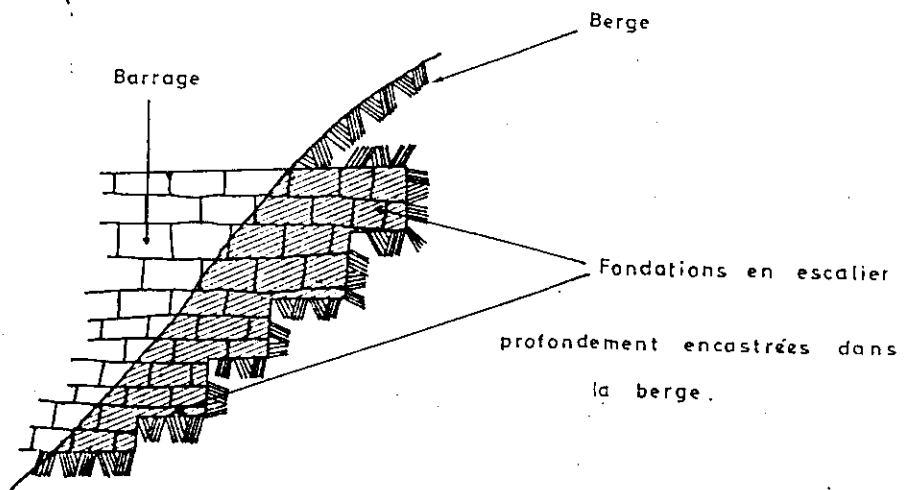


Figure 38

Fondations des barrages dans les berges

(lutte contre l'affouillement dans les berges : barrage tourné par les eaux)

8.1

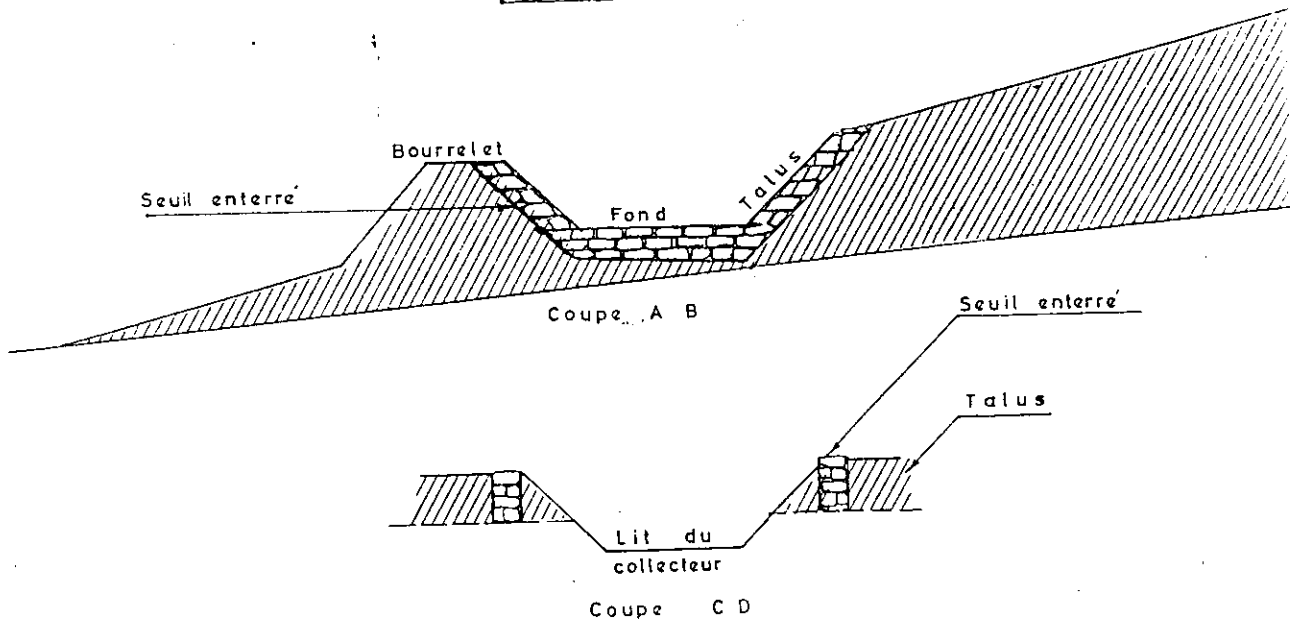
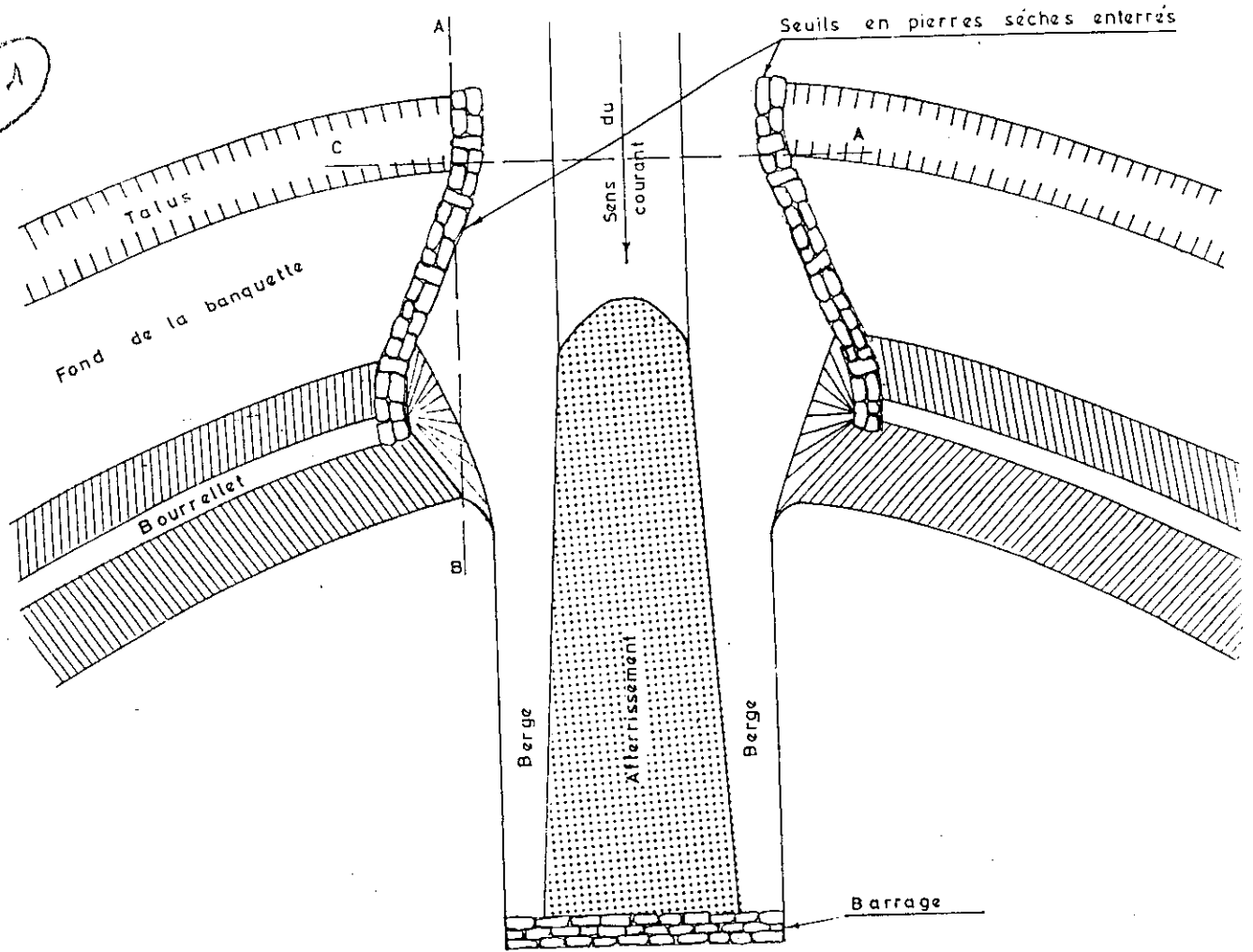


Figure 40

Debouche des banquettes sur les collecteurs

République Libanaise
 Bureau du Ministre d'Etat pour la Réforme Administrative
 Centre des Projets et des Etudes sur le Secteur Public
 (C.P.E.S.P.)

الجمهورية اللبنانية
 مكتب وزير الدولة لشؤون التنمية الإدارية
 مركز مشاريع ودراسات القطاع العام