

**NOUVELLE TRANSVERSALE  
FERROVIAIRE  
OUEST - EST**

**Tronçon Lausanne - Berne**

**Etude préliminaire 1982**

**RAPPORT TECHNIQUE**

**BG**

**BONNARD & GARDEL**  
61 Avenue de Cour

ingénieurs . conseils S.A.  
LAUSANNE

## TABLE DES MATIERES

Page

RESUME

ZUSAMMENFASSUNG

1. PREAMBULE	1
2. BASES DE L'ETUDE	3
2.1. Mandat	3
2.2. Limites géographiques de l'étude	3
2.3. Objectifs	4
2.4. Eléments de tracé de NTF	5
2.4.1 Caractéristiques géométriques principales	5
2.4.2 Profils en travers types	5
2.5. Contraintes	6
2.5.1 Définition	6
2.5.2 Topographie, hydrographie	8
2.5.3 Géologie sommaire	9
2.5.4 Hydrogéologie	11
2.5.5 Géotechnique	12
2.5.6 Occupation du sol	12
2.5.7 Sites et paysages naturels	12
2.6. Prix unitaires	12
3. DESCRIPTION DES VARIANTES	13
3.1. Généralités	13
3.2. Zone 1 : Lausanne-Vauderens	13
3.2.1 Variante A1	14
3.2.2 Variante B1	14
3.2.3 Variante E1	15
3.2.4 Variantes écartées	17
3.3. Zone 2 : Vauderens-Fribourg	17
3.3.1 Variante A2	17
3.3.2 Variante B2	17
3.3.3 Variante D1-2	18
3.3.4 Variantes écartées	20
3.4. Zone 3 : Fribourg-Niederwangen	20
3.4.1 Variante B3	20
3.4.2 Variante C3	21
3.4.3 Variantes écartées	21

4.	EVALUATION ET COMPARAISON DES VARIANTES	23
4.1.	Prix unitaires	23
4.2.	Evaluation des variantes	24
4.3.	Comparaison des variantes par zones	25
4.3.1	Zone 1 : Lausanne-Vauderens	25
4.3.2	Zone 2 : Vauderens-Fribourg	25
4.3.3	Zone 1-2 : Lausanne-Fribourg	26
4.3.4	Zone 3 : Fribourg-Berne	27
5.	COMPARAISON GLOBALE DES VARIANTES - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LA SUITE DE L'ETUDE	29
5.1.	Comparaison globale des variantes	29
5.2.	Conclusions	32
5.3.	Recommandations pour la suite de l'étude	33

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE I	Evaluation du coût des variantes (détails)
ANNEXE II	Informations complémentaires sur les variantes retenues
ANNEXE III	Variantes écartées

## R E S U M E

Le tronçon Lausanne-Berne de la nouvelle transversale ferroviaire (NTF) ouest-est a pour objectif principal de réduire sensiblement le temps de parcours entre la Suisse romande et la Suisse alémanique. Pour ce tronçon, le temps de parcours envisagé est de 40 minutes, y compris une minute d'arrêt à Fribourg. L'étude préliminaire effectuée a permis de rechercher les diverses possibilités de réaliser ou d'approcher cet objectif, d'évaluer le coût des variantes envisagées et de sélectionner le ou les projets les plus intéressants qui devront faire l'objet d'études plus détaillées dans un stade ultérieur.

L'étude a pris en considération les principaux paramètres suivants :

- caractéristiques géométriques de la NTF ouest-est avec rayon minimal en plan de 4000 m
- contraintes naturelles : topographie, géologie
- contraintes d'occupation du sol : zones d'habitat, infrastructures existantes, paysages protégés ou à protéger.

Les contraintes naturelles, d'ordre topographique et géologique, ont pesé très fortement dans l'évaluation du projet, particulièrement dans le secteur reliant le bassin lémanique au plateau suisse (Lausanne-Vauderens) et, dans une moindre mesure, entre Fribourg et Berne. L'objectif n'est ainsi réalisable que par la construction d'ouvrages d'art importants, notamment un tunnel de 14,3 km entre la sortie de Lausanne et la vallée de la Broye.

Le coût des variantes compatibles avec l'objectif de durée de 40 minutes est de l'ordre de 1100 millions de francs, conditions 1982.

Des variantes plus modestes, évaluées à environ 700 millions de francs, ont également été étudiées; elles permettraient d'effectuer le trajet en 48 minutes environ.

L'étude a enfin montré que le secteur le plus intéressant, permettant un gain de temps significatif à des conditions financières relativement modérées, était situé entre Vauderens et Fribourg; il devrait être prioritaire dans la réalisation du tronçon Lausanne-Berne de la NTF ouest-est.

## ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Abschnitt Lausanne-Bern der neuen Eisenbahn-Haupttransversalen (NHT) West-Ost wird in erster Linie beabsichtigt, die Reisezeit zwischen der Westschweiz und den zentralen und östlichen Landesteilen spürbar zu reduzieren. Als planerischer Richtwert wurde dabei eine Fahrzeit von 40 Minuten für diesen Abschnitt (inkl. 1 Min. Halt in Fribourg) betrachtet. In der vorliegenden Planungsstudie sind die möglichen Wege zur Erreichung dieses Ziels untersucht und die approximativen Kosten verschiedener Lösungsmöglichkeiten ermittelt worden. Diese Studie hat ferner erlaubt, eine Auswahl der interessantesten Varianten für eingehendere spätere Projektstudien zu treffen.

Die Studie basiert auf folgenden prinzipiellen Planungsgrundlagen :

- Trassierungselemente der NHT West-Ost mit einem minimalen Kurvenradius von 4000 m
- Randbedingungen topographischer und geologischer Natur
- Randbedingungen im Zusammenhang mit der Landnutzung : Wohnzonen, bestehende Infrastrukturen, geschützte oder schützenswerte Landschaft.

Die Bedingungen topographischer und geologischer Natur haben auf die Projekt-Evaluation grosse Auswirkung gezeitigt; in starkem Ausmass im Abschnitt zwischen Genferseebecken und dem Mittelland-Plateau (Lausanne-Vauderens) und von geringerem Ausmass im Abschnitt Fribourg-Bern. Die NHT ist somit nur realisierbar durch den Bau von bedeutenden Kunstbauten, insbesondere von einem Tunnel von 14,3 km Länge zwischen Lausanne und dem Broyetal.

Die Kosten der Varianten mit dem angestrebten Ziel einer Reisezeit von 40 Minuten liegen in der Grössenordnung von 1100 Millionen Franken; Kostenbasis 1982.

Bescheidenere Varianten, mit Kosten in der Grössenordnung von 700 Millionen Franken, sind ebenfalls untersucht worden, bei diesen beträgt die Reisezeit ungefähr 48 Minuten.

Die Studie hat schliesslich gezeigt, dass der interessanteste Abschnitt, für welchen mit relativ bescheidenem finanziellem Aufwand ein interessanter Zeitgewinn herauschaut, zwischen Vauderens und Fribourg liegt. Diesem Abschnitt sollte bei einer Realisierung der NHT zwischen Lausanne und Bern Priorität zugemessen werden.

## NOUVELLE TRANSVERSALE FERROVIAIRE (NTF)

### LAUSANNE - BERNE

#### Etude préliminaire

#### 1. PREAMBULE

Le projet de Nouvelle Transversale Ferroviaire (NTF) à grande vitesse ouest-est du Léman au Bodan répond à l'un des objectifs de la Conception Globale Suisse des Transports (CGST). Il s'inscrit plus précisément dans le cadre de la variante finale 2 qui, dans un contexte de croissance modérée, vise à satisfaire un haut niveau qualitatif en matière de transports, avec notamment une offre attrayante des transports publics.

Le tronçon Lausanne-Berne se justifie essentiellement par une augmentation d'attractivité et de sécurité face aux transports routiers et, dans une moindre mesure, aériens (en tant qu'élément de la transversale Genève-Zurich). Il s'intègre en outre dans le plan directeur des infrastructures des réseaux ferroviaires européens.

La commission de la CGST a procédé à un examen sommaire des possibilités de construction de NTF. En ce qui concerne Lausanne-Berne, la Commission a conclu :

- à l'intérêt, sur le plan de l'attractivité de la construction du secteur (Lausanne) - La Conversion - Oron, qui apporte un gain de temps de plus de 10 minutes. La Commission ajoute cependant "qu'en raison du coût élevé du tunnel de Lavaux (11 km), sa réalisation n'entre en ligne de compte que vers la fin de la période de planification";
- à l'intérêt financier de la transformation partielle de la ligne existante - "à un coût relativement modéré" - du secteur compris entre Oron et Matran (Fribourg);
- à la nécessité de créer un nouveau tracé entre Guin et Niederwangen (Berne).

## 2. BASES DE L'ETUDE

### 2.1 Mandat

La Direction du premier arrondissement des CFF à Lausanne a confié en février 1982 à notre Société, Bonnard & Gardel Ingénieurs-conseils SA, un mandat pour l'étude préliminaire d'une nouvelle transversale ferroviaire (NTF) Lausanne-Berne.

Bonnard & Gardel s'est assuré la collaboration, pour la partie géologique de l'étude, de Monsieur Jean Norbert, géologue à Lausanne.

### 2.2 Limites géographiques de l'étude (fig. 1)

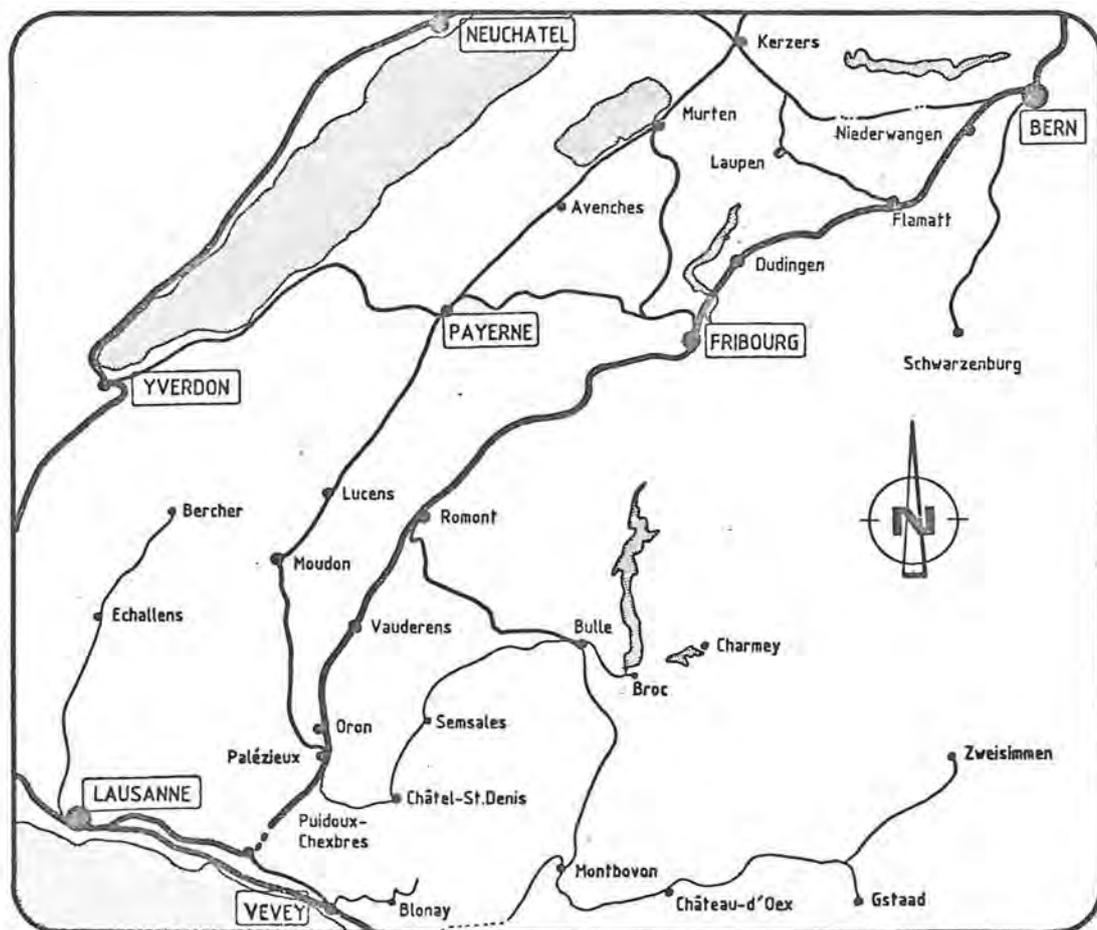


Fig. 1- lignes ferroviaires existantes

L'étude porte sur le tronçon compris entre Lausanne-gare et Niederwangen, soit 91 km par la voie actuelle.

Le tronçon est lui-même divisé en trois zones :

- Zone 1 : Lausanne-Vauderens : 32,5 km  
A noter que la sortie nord du tunnel de Vauderens marque le point culminant de la ligne Lausanne-Berne;
- Zone 2 : Vauderens-Fribourg (jonction sud-ouest), longueur : 31 km;
- Zone 3 : Fribourg-Niederwangen (Berne) : 27,5 km.

Le champ de l'étude a été défini par les CFF comme suit :

- Zones 1 et 3 : pas de limites géographiques à la recherche de variantes,
- Zone 2 : étude limitée à l'amélioration du tracé existant ou à des variantes comprises dans un fuseau restreint centré sur le tracé existant.

### 2.3 Objectifs

*L'objectif principal de l'étude est de définir un tracé (NTF) permettant de réduire sensiblement la durée du trajet Lausanne-Berne, mais sans tenir compte de l'exploitation de la nouvelle ligne par rapport à l'ancienne.*

*Le temps de parcours envisagé, conformément à la CGST, est de 40 minutes, y compris une minute d'arrêt à Fribourg.*

Les objectifs secondaires sont :

- en voie nouvelle :
  - . autoriser une vitesse d'exploitation de 200 km/h,
  - . réserver la possibilité ultérieure d'adapter la voie pour une vitesse de 250 km/h;
- en voie existante :
  - . améliorer le tracé de manière à autoriser une vitesse de 160 km/h.

## 2.4. Eléments de tracé de NTF

### 2.4.1 Caractéristiques géométriques principales

#### a/ Voie nouvelle

- Rayon minimal en plan  $R = 4000 \text{ m}$
- Longueur min. des courbes de raccordement  $L_C = 260 \text{ m}$
- Rayon minimal en élévation
  - . rayons convexes  $R_{V1} = 16\ 000 \text{ m}$
  - . rayons concaves  $R_{V2} = 10\ 000 \text{ m}$
- Rampes maximales\*) :
  - . Trafic mixte  $i_1 = 10 \text{ o/oo}$
  - . Trafic voyageurs à l'air libre  $i_2 = 30 \text{ o/oo}$
  - . Trafic voyageurs en tunnel  $i_3 = 10 \text{ o/oo}$

#### b/ Amélioration de la voie existante

- Rayon minimal en plan  $R = 1650 \text{ m}$
- Longueur min. des courbes de raccordement  $L_C = 180 \text{ m}$
- Rayon minimal en élévation :
  - . rayons convexes  $R_{V1} = 10\ 200 \text{ m}$
  - . Rayons concaves  $R_{V2} = 6\ 400 \text{ m}$
- Rampes maximales : selon caractéristiques existantes.

\*) a/ Les rampes maximales  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$  sont définies comme étant des valeurs moyennes sur un secteur d'une longueur de 1000 m.

b/ Sont considérés comme tunnels des ouvrages souterrains excédant 2000 m de longueur.

### 2.4.2 Profils en travers types

- Profil type à l'air libre : voir figure 2
- Profil type et gabarit d'espace libre en tunnel : voir figure 3.

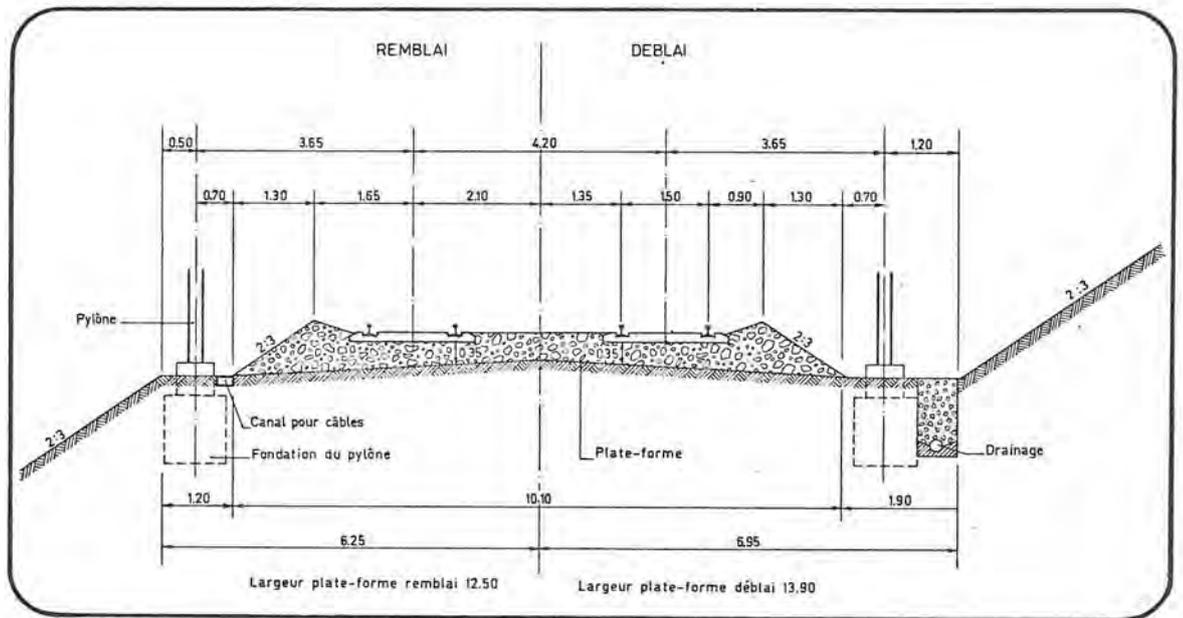


Fig. 2- Profil type à l'air libre

## 2.5 Contraintes

### 2.5.1 Définition

On appelle "contraintes" les divers facteurs tant naturels que dus à l'intervention humaine, qui conditionnent, dans un sens restrictif, l'élaboration du projet.

*Compte tenu du caractère préliminaire de l'étude, le nombre des contraintes prises en considération a été volontairement limité aux domaines suivants :*

- *topographie, hydrographie*
- *géologie, hydrogéologie et géotechnique*
- *occupation actuelle du sol : urbanisation, infrastructures routières notamment*
- *protection des sites et des paysages.*

Les données de base relatives à ces dernières sont rappelées ci-après.



## 2.5.2 Topographie, hydrographie

Les données à disposition sont celles des cartes nationales de la Suisse à l'échelle 1:25 000.

Le périmètre d'étude est compris, à l'échelle du pays, dans la zone du plateau. Morphologiquement, la région se distingue par une succession plus ou moins régulière de collines et de vallons ou vallées allongées, d'orientation SW-NE, plus rarement de direction SE-NW.

En dehors du bassin lémanique, ces vallées sont parcourues par des cours d'eau, tous tributaires du Rhin; on rencontrera ainsi successivement d'ouest en est, la Broye, la Glâne, la Sarine et la Singine.

Le tracé actuel de la ligne CFF Lausanne-Berne quitte Lausanne par l'est et gagne de l'altitude pour sortir du bassin lémanique en suivant les flancs des coteaux du Lavaux jusqu'à Chexbres, sur 12,5 km environ, puis en atteignant au km 16 la crête au-delà de laquelle les eaux de ruissellement versent dans la Broye. On passe ainsi de l'altitude 447 à l'altitude 684, avec une pente moyenne de près de 15 o/oo.

La Broye est franchie à Palézieux (km 21,3); la ligne monte ensuite sur le flanc droit de cette vallée pour traverser, en tunnel, à Vauderens, la chaîne de collines marquant la séparation entre les cours plus ou moins parallèles de la Broye et de la Glâne. A la sortie nord du tunnel de Vauderens, au km 32, la ligne atteint son point culminant à l'altitude 766.

Le tracé descend ensuite la vallée de la Glâne jusqu'à sa confluence avec la Sarine, aux portes de Fribourg. Après Fribourg, il traverse la Sarine sur le viaduc de Grandfey (km 69; altitude 600 m). Il longe ensuite les flancs vallonnés de la rive droite du lac de Schiffenen pour franchir, au km 86 par un viaduc, la Singine et sortir à Thörishaus, au km 88, du bassin de la Sarine.

La ligne atteint Berne (km 97 - altitude 540 m) en descendant le Wangental. A noter que l'étude d'un nouveau tracé s'arrête contractuellement à Niederwangen, au km 91 et à l'altitude 568.

### 2.5.3 Géologie sommaire

Le territoire concerné par les différentes variantes appartient au plateau molassique. La partie plus spécialement intéressée par le projet comprend les formations suivantes :

#### A. Soubassement rocheux

- Molasse burdigalienne, composée de bancs massifs de grès, à rares interlits ou lentilles de marnes,
- Molasse aquitanienne, formée d'une alternance de bancs de grès et de niveaux marneux ou gréso-marneux; les bancs de grès représentant approximativement 50 % du tout.

Ces deux formations sont en contact stratigraphique normal et plongent faiblement (0-10°) vers le SE, jusqu'au léger bombement anticlinal (anticlinal de Lausanne) annonciateur du grand chevauchement de la molasse subalpine.

- Molasse subalpine d'âge chattien qui se compose, exception faite des conglomérats du Mt-Pélerin, essentiellement de molasse marneuse ou marno-gréseuse, à petits bancs relativement peu nombreux et minces. Le pendage, très redressé (50-80°) près du contact tectonique créé par le chevauchement de la formation sur l'Aquitanién-Burdigalien, s'abaisse par la suite pour osciller entre 30 et 50°.

#### B. Terrains meubles

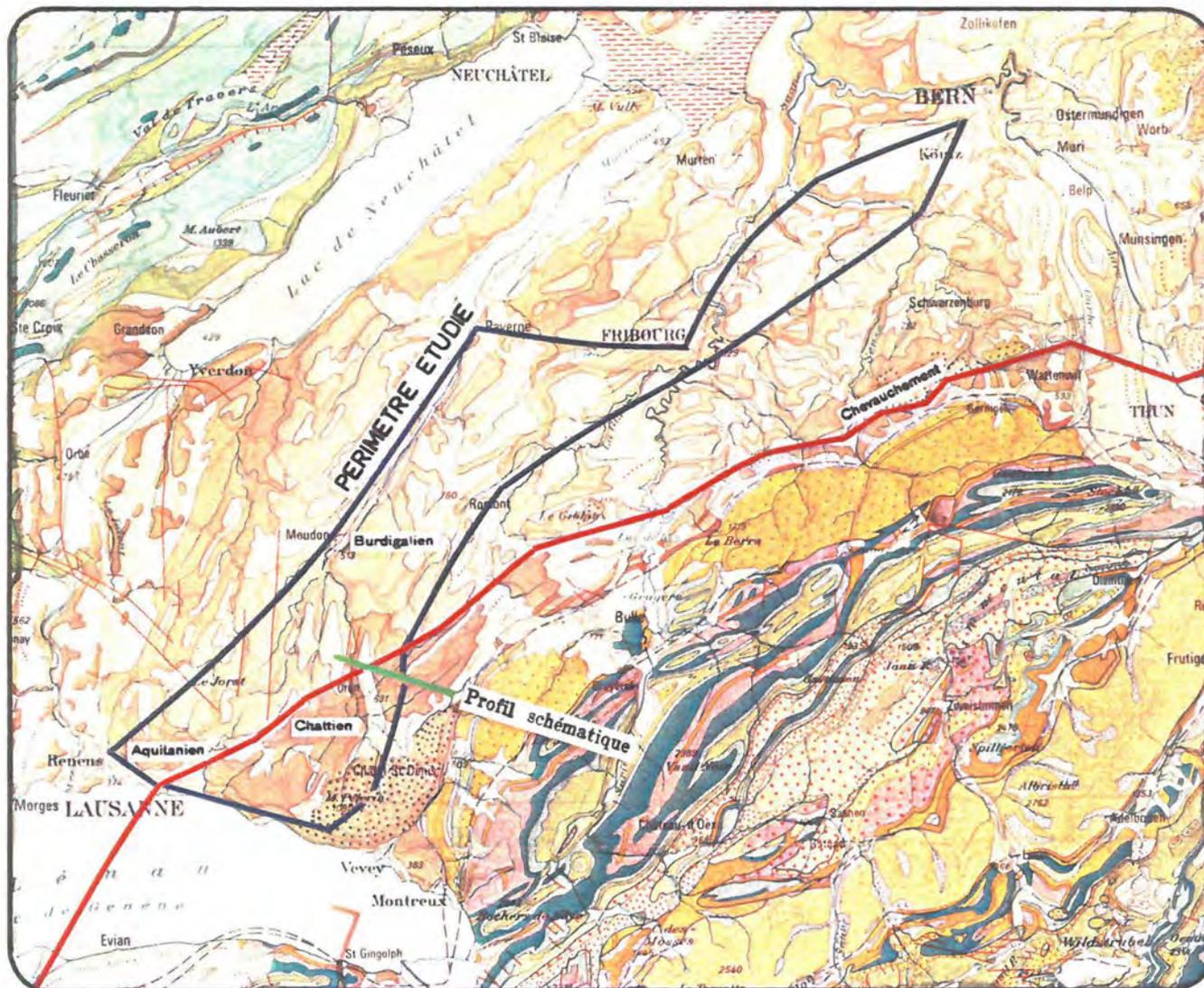
Les terrains meubles qui occupent les dépressions - et qui peuvent aussi recouvrir, mais dans une mesure moindre, les zones en relief - sont de trois types :

- au contact de la roche, on trouve généralement des moraines, soit moraine de fond limono-argileuse à gros blocs ou moraine latérale plus sablo-graveleuse;
- au-dessus, des dépôts fluvio-glaciaires sablo-graveleux ou glacio-lacustres argilo-limoneux;
- enfin, dans les vallées, des alluvions récentes à matériaux de granulométrie très variable.

Sur les versants, l'altération et le remaniement du soubassement rocheux ont produit des dépôts de pente fréquemment peu stables et générateurs de glissements, ceci sur des épaisseurs à ne pas sous-estimer, qui peuvent atteindre plusieurs mètres, voire 10-20 m.

Un extrait de carte géologique à l'échelle 1:500 000 et un profil géologique schématique sont donnés ci-après pour illustrer cet aperçu géologique régional (figures 4 et 5).

Fig. 4- Cadre géologique régional (éch. 1:500'000)



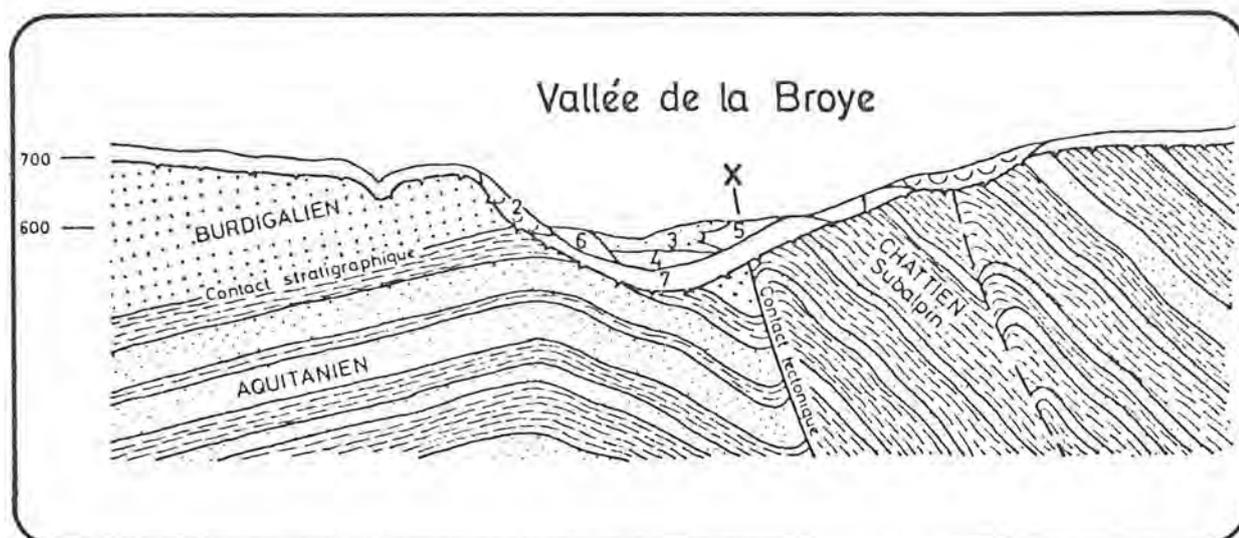


Fig. 5- profil géologique schématique

Légende :

1. Dépôt de pente
2. Glissement de terrain
3. Alluvions
4. Glacio-lacustre argilo-limoneux
5. Fluvio-glaciaire sablo-graveleux
6. Moraine latérale sablo-graveleuse
7. Moraine de fond limono-argileuse

#### 2.5.4 Hydrogéologie

Les nappes importantes se trouvent à l'intérieur des terrains perméables reposant sur des terrains moins perméables ou intercalés dans ceux-ci. Parmi les terrains meubles, on citera les alluvions graveleuses, les dépôts fluvio-glaciaires et les intercalations graveleuses des moraines. Quant au soubassement rocheux, on connaît des nappes interstitielles dans les grès burdigaliens reposant sur les marnes aquitaniennes (Henniez par exemple), de même que dans les niveaux de grès de l'Aquitaniens, dans une moindre mesure du Chattien.

Outre les difficultés que l'eau peut présenter lors de l'exécution des travaux, il conviendra d'accorder une attention particulière, surtout à proximité des tunnels et tranchées, au problème de la protection des sources, dont le débit pourrait être plus ou moins gravement perturbé.

### 2.5.5 Géotechnique

Les secteurs présentant :

- soit des risques de glissements potentiels, de tassements ou d'effondrement,
- soit des risques de glissements actifs,

sont répertoriés à l'échelon cantonal sur cartes à l'échelle 1:25 000 ou 1:50 000.

Les cartes des contraintes naturelles sont disponibles :

- au Service de l'Aménagement du Territoire (SAT) du canton de Vaud (échelle 1:25 000),
- à l'Office cantonal d'aménagement du territoire (OCAT) du canton de Fribourg (1:50 000),
- au "Planungsamt des Kantons Bern" (1:25 000).

Des informations beaucoup plus détaillées (échelle 1:5000) sur la stabilité des versants dans le Lavaux et les possibilités de prévoir des portails d'entrée/sortie de tunnels ont été recueillies par le géologue collaborant à l'étude.

### 2.5.6 Occupation du sol

Les plans à l'échelle 1:10 000 des zones à bâtir légalisées ou en voie de l'être, ont été fournis par l'Office cantonal d'aménagement du territoire du canton de Fribourg.

Des documents similaires peuvent être consultés auprès des offices des cantons de Vaud et Berne.

### 2.5.7 Sites et paysages naturels

Les cartes des sites et paysages naturels protégés, à protéger, ou d'un intérêt particulier sont disponibles dans les trois cantons concernés (Vaud et Berne : 1:25 000; Fribourg : 1:50 000).

### 2.6 Prix unitaires

L'évaluation des variantes exige une bonne connaissance des prix pratiqués récemment pour la construction d'ouvrages similaires. Le recueil de ces données a été réalisé en cours d'étude, en étroite collaboration avec les CFF. (cf. annexe I)

### 3. DESCRIPTION DES VARIANTES

#### 3.1 Généralités

Rappelons (cf chap. 2.2) que le champ de l'étude de variantes est divisé en 3 zones :

- Zone 1 : Lausanne-Vauderens  
Longueur du tracé existant : 32,5 km  
Altitudes : Lausanne 447 m  
Vauderens 766 m
- Zone 2 : Vauderens-jonction sud-ouest de Fribourg  
Longueur du tracé existant : 31 km  
Altitudes : Vauderens 766 m  
Jonction Fribourg 644 m
- Zone 3 : Jonction Fribourg-Niederwangen (Berne)  
Longueur du tracé existant : 27,5 km (33,5 km jusqu'à Berne)  
Altitudes : jonction Fribourg 644 m  
Niederwangen 568 m  
(Berne 540 m).

La description ci-après se rapporte aux variantes principales qui sont apparues comme intéressantes en cours d'étude. Les variantes abandonnées après une première pré-étude sont mentionnées pour mémoire à l'annexe III.

#### 3.2 Zone 1 : Lausanne-Vauderens (fig. 6)

Cette première zone, très tourmentée topographiquement et géologiquement, a fait l'objet d'une recherche exhaustive qui se résume en cinq variantes principales A, B, C, D et E. On notera que la variante D est commune aux zones 1 et 2 : elle sera affectée de l'indice "1-2" (D1-2).

### 3.2.1 Variante A1

C'est une variante "directe" inspirée par le tracé examiné par la Commission de la CGST. Elle consiste à passer en tunnel de grande longueur des abords immédiats de Lausanne à la vallée de la Broye, dans la région d'Auboranges, puis à franchir cette vallée par un viaduc et à remonter son flanc droit jusqu'à Vauderens.

Pour des raisons géologiques impératives, le tracé prévu par la CGST a dû être abandonné (voir annexe III). Un autre projet, infléchissant par une double courbure de grands rayons le tracé vers le nord et permettant de réaliser un tunnel de 14,35 km, foré pour près de 85 % de sa longueur dans la molasse burdigalienne ou aquitanienne de bonne qualité, a été esquissé. Le portail sud du tunnel principal est situé dans l'éperon rocheux de rive droite du vallon de la Paudèze (il a été vérifié que le niveau d'entrée serait compatible avec le projet routier de la "bretelle de la Perraudettaz"); le portail nord a été placé à un kilomètre au nord de la localité d'Auboranges, sur la rive gauche de la vallée de la Broye.

Cette variante est encore caractérisée par quatre autres ouvrages de grandes dimensions :

- nouveau pont sur la Paudèze, de 250 m de longueur, à l'origine du projet;
- pont pour le franchissement de la vallée de la Broye, d'environ 1925 m de longueur;
- pont sur le Saugy, de 100 m de longueur;
- réalisation d'un nouveau tunnel à Vauderens, de 1650 m de longueur.

Etant donné les fortes pentes adoptées, cette variante n'est compatible qu'avec un trafic exclusivement voyageurs (trains type A) et implique le maintien de la ligne existante.

### 3.2.2 Variante B1

Cette variante, située plus à l'est que la première, résulte dans son esprit d'une tentative de concilier économie et gain de temps par un compromis judicieux entre la "variante zéro" (tracé actuel) et la variante précédente, dont le tracé très direct exige la construction d'ouvrages coûteux.

Le tracé actuel est conservé jusqu'au kilomètre 7 (entre Bossière et Grandvaux). La variante débute en tunnel dans l'éperon rocheux situé sous le signal de Grandvaux (qui est traversé, un peu plus haut, par les tunnels du Chauderon de l'autoroute N 9). Le tunnel, de 10,1 km de longueur, est entièrement creusé dans la molasse chattienne, de médiocre qualité. Il débouche dans la vallée de la Broye, à un kilomètre au sud-ouest de Palézieux-village. Le tracé traverse ensuite la Broye et monte, à flanc de coteau, jusqu'à Vauderens en suivant d'assez près la ligne actuelle, mais en corrigeant ses sinuosités.

Ces corrections exigent la construction de plusieurs ponts, peu élevés mais de grande longueur, sur ce versant de vallée. On en trouve successivement 5, variant entre 125 et 425 m de longueur et totalisant à eux tous 1575 m. La variante emprunte également le nouveau tunnel de Vauderens, de 1650 m de longueur.

Comme la précédente, cette variante est réservée aux trains voyageurs, type A, du fait des pentes d'une part, et parce que, comme la précédente, elle ne dessert plus les localités situées sur la ligne actuelle, notamment Puidoux-Chexbres et Palézieux, d'autre part. La voie existante doit donc être conservée.

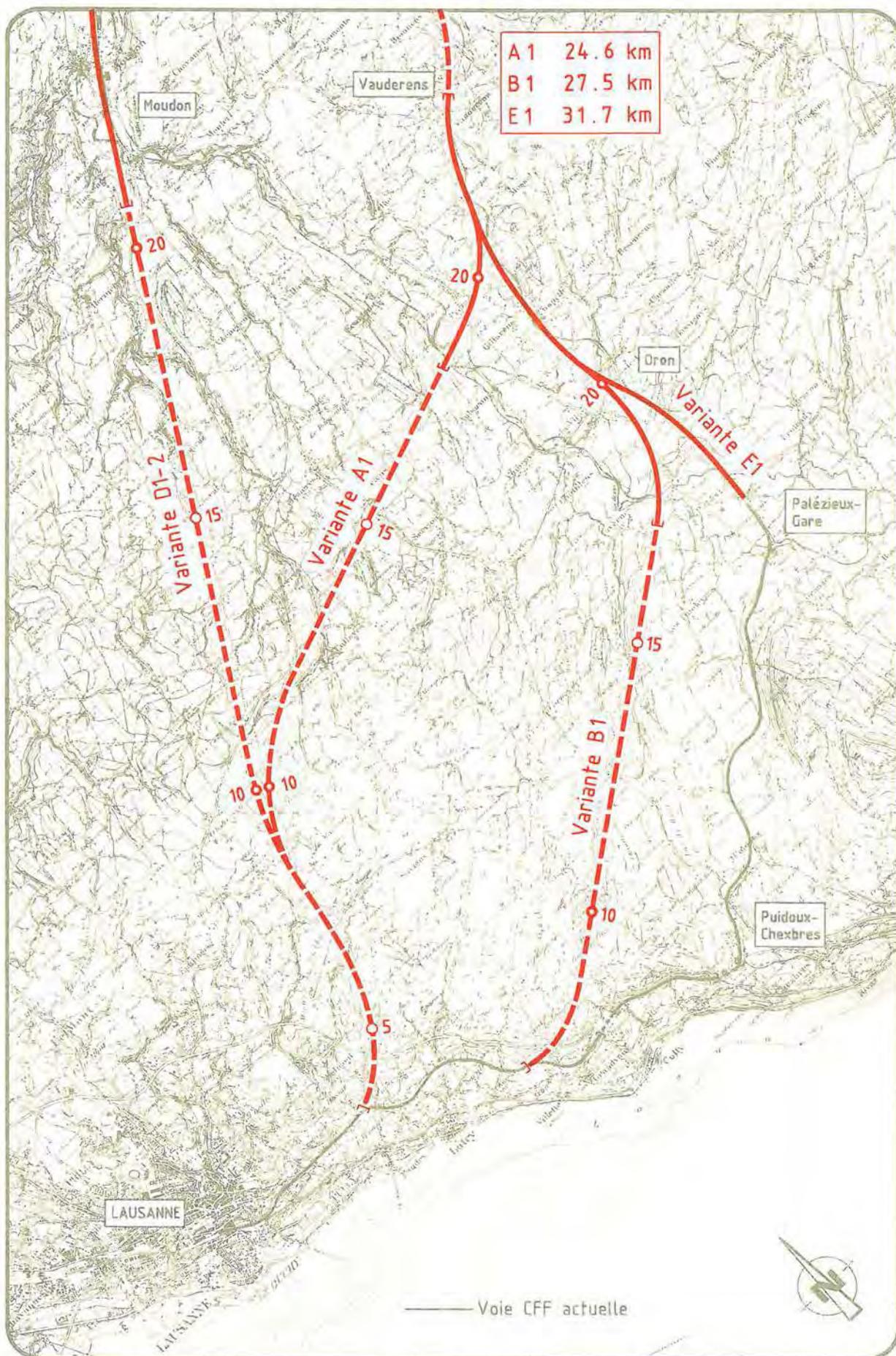
(La variante D1-2 est décrite au § 3.3.3).

### 3.2.3 Variante E1

La variante E1 constitue une amélioration du tracé actuel. Celui-ci est intégralement conservé jusqu'à Palézieux-gare (topographie et géologie difficiles; paysages (Lavaux) protégés). Le tracé existant Palézieux-Oron-Vauderens, qui représente par ses sinuosités accusées le secteur le plus lent de la ligne actuelle Lausanne-Berne (vitesse maximale d'exploitation de 85-90 km/h), est remplacé par un tracé rapide parallèle exigeant la construction de 5 ponts totalisant 4600 m de longueur, dont 2100 m pour le seul pont-viaduc sur la Broye. Cette variante propose également le déplacement et la reconstruction de la gare d'Oron et du tunnel de Vauderens (pour ce dernier, cf. variantes A1 et B1).

Cette variante suppose que le tracé actuel est abandonné; elle est donc accessible au trafic mixte et ses caractéristiques géométriques sont compatibles avec cette exigence.

Fig. 6- Zone 1 Tracés des variantes (Ech. 1:100 000)



### 3.2.4 Variantes écartées

Les variantes a1 (variante directe CGST) et c1 (variante d'amélioration du tracé entre Bossière et Palézieux) ont été écartées pour des raisons techniques en ce qui concerne la première (géologie) et économiques pour la seconde. Leur description et les justifications de leur abandon sont données à l'annexe III.

## 3.3 Zone 2 : Vauderens-Fribourg (fig. 7)

### 3.3.1 Variante A2

Elle consiste à descendre le cours de la Glâne, sur la rive gauche de la vallée, de Vauderens aux portes de Fribourg, sans problèmes importants en ce qui concerne les conditions naturelles (topographie, géologie, géotechnique). Le tracé, d'une manière générale, suit d'assez près la ligne actuelle sauf dans deux secteurs particuliers situés à proximité de Romont d'une part, de Chénens à Villars-sur-Glâne d'autre part. Les exigences d'une voie rapide ont conduit en effet à prévoir, dans ces 2 cas, une voie nouvelle de 7, respectivement 10 km de longueur s'écartant sensiblement du tracé existant. Les tracés de ces zones nouvelles se sont d'ailleurs imposés assez clairement car, au vu des réserves faites en matière d'occupation du sol, il n'y avait pratiquement qu'un passage possible, à l'échelle de cette étude, pour la ligne nouvelle. On se reportera, pour plus de détails, à l'annexe II qui fait ressortir l'occupation du sol à proximité de Romont, ainsi que dans la région Chénens-Rosé.

La variante A2 pourrait permettre l'abandon de tronçons de la voie existante, moyennant certaines conditions (déplacements de stations, dessertes par autobus de Neyruz et Cottens, etc.). La voie existante dans la région de Romont doit être cependant, en tout cas, conservée.

### 3.3.2 Variante B2

Cette dernière constatation a conduit à rechercher la possibilité, malgré l'occupation du sol (zones industrielles) qui laisse peu de place, à passer à proximité de la gare de Romont. La sous-variante B2 illustre cette possibilité qui présente cependant l'inconvénient d'exiger un tunnel et présente des caractéristiques géométriques bien inférieures au minimum fixé. Il s'agit plutôt d'une "solution de rechange" à la variante principale, pour le cas où celle-ci s'avérerait impossible à réaliser.

### 3.3.3 Variante D 1-2

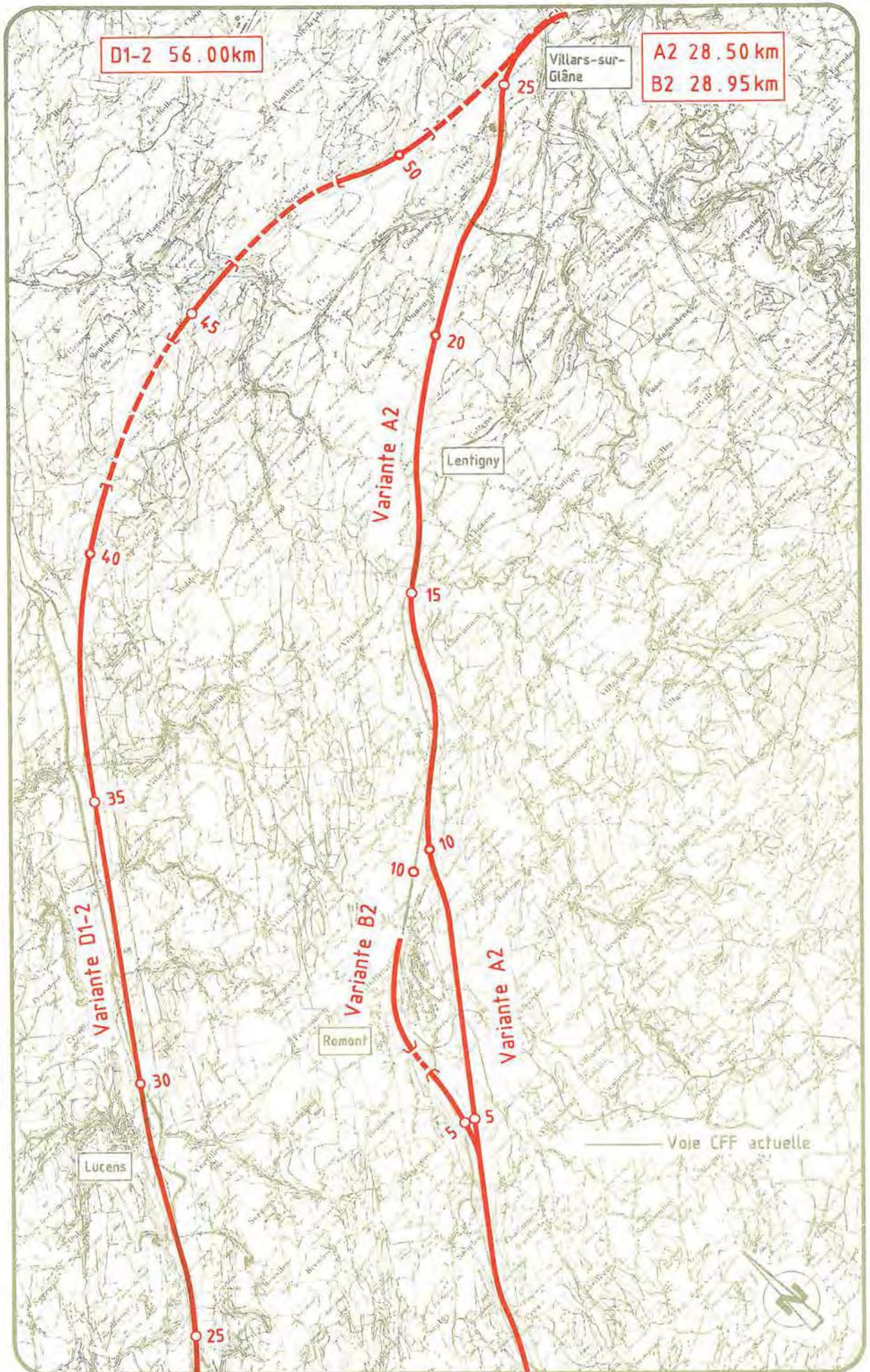
Il s'agit d'une variante commune aux zones 1 et 2, concernant donc l'espace Lausanne-Fribourg. Elle consiste à emprunter la basse vallée de la Broye, de Moudon à Granges-Marnand, orientée parallèlement à celle de la Glâne, mais plus à l'ouest et à plus faible altitude (480 m en moyenne contre 700 m pour la Glâne).

L'origine du projet est la même que celle de la variante A1 : nouveau pont sur la Paudèze et entrée en tunnel dans l'éperon de rive droite de ce vallon. Le tunnel, d'une longueur de 17 km, est à plus de 85 % foré dans les molasses burdigalienne ou aquitanienne de bonne qualité. Sa sortie se situe à 3,5 km à l'amont de Moudon, dans une falaise taillée par la Bressonne. Le "point culminant" du tracé entre Lausanne et Moudon est à l'altitude 542,50 (sortie nord du tunnel).

La ligne suit ensuite la Broye jusqu'au delà de Granges-Marnand, empruntant chaque fois que possible le tracé de la voie actuelle, pour réutiliser au mieux l'emprise, propriété des CFF, les infrastructures et les installations existantes.

Le projet quitte la vallée de la Broye à la hauteur de Granges-sous-Trey et gagne de l'altitude dans une région de collines entrecoupées de vallées assez profondes (l'Arbogne notamment) jusqu'à proximité des marais de Noréaz et du lac de Seedorf, qu'il laisse sur sa droite. Le raccordement avec la ligne actuelle se fait à Villars-sur-Glâne. Le tronçon entre la Broye et la Glâne, de 15 km de longueur environ et qui exige de gagner près de 200 m en altitude (450 à 645 m), suppose la construction de 3 tunnels importants totalisant 8200 m et de 2 ponts, respectivement de 1125 et 500 m.

On notera que la variante D1-2 pourrait accepter un trafic mixte sur le tronçon Lausanne-vallée de la Broye, constituant par là une alternative intéressante à la ligne du pied du Jura, du point de vue du transport des marchandises. Le raccordement vallée de la Broye-Fribourg ne pourrait, en revanche, supporter qu'un trafic léger. La création d'une voie rapide selon cette variante ne supprime pas la nécessité d'exploiter la ligne Lausanne-Berne actuelle. (Trains B et C; trafic marchandises).



### 3.3.4 Variantes écartées

Les variantes c2 et d1-2 ont été écartées. La variante c2, esquissée par les CFF, prévoyait des corrections de la voie actuelle de façon à garantir une vitesse de 160 km/h. Il est apparu assez rapidement que ce tracé présentait peu d'intérêt dans une région de topographie et géologie faciles, permettant la construction d'une nouvelle voie à grande vitesse (200 km/h ou plus) à un coût relativement bas.

La variante d1-2 constituait une alternative à la variante D1-2 pour le tronçon compris entre la vallée de la Broye et la vallée de la Glâne. Son objectif était de réduire le coût de ce passage qui renchérit sensiblement le projet D1-2. Après une étude détaillée, il est apparu que l'économie réalisée n'était pas suffisante pour compenser l'allongement du parcours, ce qui a conduit à l'abandon de cette solution. De plus amples détails sont données à l'annexe III.

## 3.4. Zone 3 : Fribourg-Niederwangen-Berne (fig. 8)

### 3.4.1 Variante B3

Il s'agit pratiquement de la variante proposée par la Commission technique de la CGST.

Le tracé actuel est conservé de Fribourg à Guin (Düdingen). Après Guin, la voie traverse les collines du versant droit du lac de Schiffenen et aboutit à la Singine, qu'elle franchit par un viaduc de grandes dimensions (longueur 1350 m; hauteur max. 60 m) à l'aval de Neuenegg. La ligne passe ensuite par la forêt du Forst et rejoint le Wangental à Niederwangen (tunnel de 1800 m).

Le raccordement à la ligne existante exige un complexe d'ouvrages importants permettant notamment de croiser l'autoroute N12; la réalisation de ces ouvrages en zone urbaine sera difficile et coûteuse.

On notera qu'un tracé assez voisin avait été envisagé au début des années 60 pour la N 12; il avait été écarté parce que le viaduc sur la Singine avait paru trop audacieux.

La variante B3 ne permet plus de desservir les stations intermédiaires entre Guin et Niederwangen; ses rampes et pentes sont en outre incompatibles avec un trafic lourd. Il s'agit donc d'une voie expresse réservée aux trains types A et B, qui suppose que l'on conserve par ailleurs la ligne existante.

### 3.4.2 Variante C3

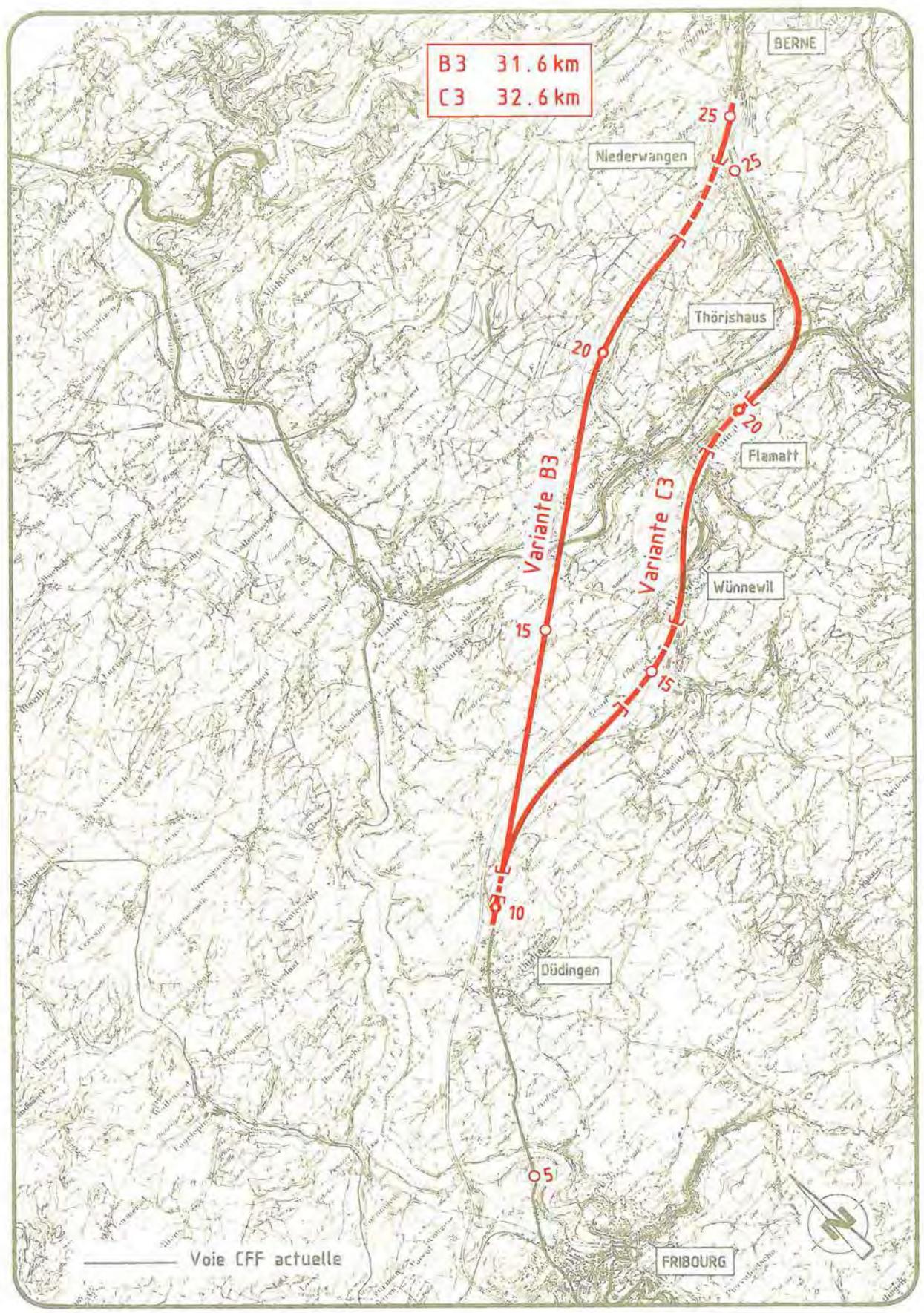
Elle est à l'opposé de la précédente, dans le sens qu'il s'agit d'une amélioration du tracé conduisant à l'abandon de la voie existante.

Les corrections portent sur le tronçon Guin-Thörishaus. La ligne emprunte, comme actuellement, la vallée du Tafersbach (un tronçon de 1 km environ, comprenant la station de Wünnewil, est conservé) en franchissant en tranchées couvertes ou en tunnels les éperons molassiques qui déterminent les sinuosités naturelles de ce talweg. Pour la traversée de la Singine, il est proposé dans cette variante de corriger le tracé actuel par une ligne nouvelle suivant l'autoroute (courbe de rayon 1300 m), ce qui suppose la construction d'un nouveau pont sur la rivière et d'une nouvelle trémie couverte sous Thörishaus (travaux menés en parallèle à la pose d'une troisième voie pour le trafic de banlieue entre Berne et Flamatt). Cette variante entraîne le déplacement et la reconstruction de la halte de Fillistorf, et de la station de Schmitten (en conservant un embranchement permettant de desservir l'actuelle zone industrielle). A Flamatt, il conviendrait d'étudier la possibilité de déplacer la station de 500 m à l'est ou de conserver les choses en l'état.

### 3.4.3 Variantes écartées

Une variante a3 d'évitement de Guin a été écartée pour son incompatibilité avec l'occupation du sol et la protection des paysages et parce qu'elle n'amène aucun avantage significatif en matière d'économie et de gain de temps (cf. annexe III).

Fig. 8- Zone 3 Tracés des variantes (Ech. 1:100000)



#### 4. EVALUATION ET COMPARAISON DES VARIANTES

##### 4.1 Prix unitaires (cf annexe I)

L'évaluation des variantes est basée sur des prix unitaires adaptés aux conditions économiques en vigueur au 1er janvier 1982.

Les prix suivants ont été pris en considération :

- Achat de terrains (prix communiqués par la Commission d'acquisition d'immeubles du Canton de Fribourg) :
  - . Zones à bâtir légalisées ou planifiées fr. 50/m<sup>2</sup>
  - . Vergers fr. 10/m<sup>2</sup>
  - . Forêts fr. 7/m<sup>2</sup>
  - . Terrains agricoles fr. 6/m<sup>2</sup>
  
- Terrassements
  - . Déblais (voir fig. 11 annexe I) fr. 10/m<sup>3</sup>
  - . Remblais (voir fig. 12 annexe I) fr. 15/m<sup>3</sup>
  
- Ouvrages d'art
  - . Murs de soutènement fr. 1 000/m<sup>2</sup>
  - . Tranchées couvertes fr. 1 500/m<sup>2</sup>
  - . Ponts (voir fig. 13 annexe I) fonction hauteur
  - . Tunnels :
    - terrain meuble, marne fr. 50 000/m
    - molasse chattienne fr. 50 000/m
    - molasse aquitanaïenne fr. 30 000/m
    - molasse burdigalienne fr. 25 000/m
  - . Points de conflit (passages sup. ou inf.) fr. 0,75-1,5 10<sup>6</sup>
  
- Equipements ferroviaires fr. 2 600/m

On notera qu'étant donné l'importance des ouvrages d'art dans le projet, notamment dans la zone 1, les coûts des ponts et des tunnels ont fait l'objet d'une analyse détaillée selon deux approches :

- comparaison "historique" avec des ouvrages exécutés dans des conditions similaires (pour les ponts, voir fig 13, annexe I);
- évaluation du coût de sections types à partir de prix élémentaires.

#### 4.2 Evaluation des variantes

Le coût des variantes principales décrites pour chaque zone au chapitre précédent est donné dans le détail à l'annexe I, fig. 14.

Le tableau de la fig. 9 résume par zones les principales caractéristiques des variantes et notamment :

- le temps de parcours technique
- le coût de la minute gagnée par rapport au tracé existant.

Le tableau de la figure 10 (cf. chap. 5.1 page 29) résume les mêmes caractéristiques par groupes de variantes entre Lausanne et Berne (y compris une minute d'arrêt à Fribourg, prise en compte dans le temps attribué aux variantes de la zone 3). Le tableau indique en outre le temps de parcours horaire de chaque variante (temps technique + 10 % environ).

ZONES	VARIANTES	LONGUEUR ( m )	LONG VOIES CFF UTILISEES ( m )	LONGUEUR TUNNELS ( m )	LONGUEUR PONTS-VIADUCS ( m )	COÛT ( x 10 <sup>4</sup> Fr )	TEMPS DE PARCOURS TECHNIQUE	COÛT / Mn gagnée ( x 10 <sup>4</sup> Fr/Mn )
1	A1	24 600	3 310	15 775	2 275	625	8'50"	52
	B1	27 450	7 000	11 525	1 575	645	11'10"	67
	E1	31 700	20 600	1 425	4 600	210	16'40"	50
	CFF	32 400	32 400	—	—	—	20'50"	—
1-2	D 1-2	56 000	4 960	25 550	2 225	1 050	19'00"	48
2	A2	28 500	2 700	225	2 900	220	9'20"	21
	B2	28 925	5 825	925	2 400	210	10'00"	21
	CFF	31 100	31 100	—	—	—	20'00"	—
3	B3	31 600	16 150	2 150	2 500	285	14'55"	60
	C3	32 600	19 050	3 550	1 950	245	15'35"	60
	CFF	33 700	33 700	—	—	—	19'40"	—

Fig. 9- Evaluation des variantes (par zones)

### 4.3 Comparaison des variantes par zones

#### 4.3.1 Zone 1 : Lausanne-Vauderens (variantes A1, B1, E1)

- Durée de parcours :

Seule la variante A1 permet de satisfaire à l'objectif envisagé par le mandant : Lausanne-Berne en 40 minutes (figure 10). La réduction de la durée du parcours est significative pour cette variante, près de 12 minutes, soit 57 % du temps mis par les trains les plus rapides actuels.

Les variantes B1 et E1 ne répondent pas à cet objectif, quelle que soit la combinaison faite avec les variantes des autres zones.

- Type de trafic

A1, B1 : trafic rapide exclusivement. La voie actuelle doit être maintenue. E1 : amélioration de la voie existante qui peut être supprimée entre Palézieux et Vauderens.

- Coûts

Les variantes A1 et E1 sont assez voisines quant au "coût de la minute gagnée" (50 à 52 millions de fr.). La variante B1 est très chère de ce point de vue.

- Contraintes constructives

Tunnels : géologie favorable pour A1 et défavorable pour B1. Coteaux de la Broye : secteurs restreints de glissements possibles pour les 3 variantes A1, B1 et E1.

- Occupation du sol

Pas de conflits importants avec les zones à bâtir.

- Protection des paysages

Les 3 variantes touchent, à des degrés divers entre Palézieux et Vauderens, aux coteaux de la Broye qui "constituent un paysage rural très harmonieux, particulièrement exposé à la vue" (protection des paysages : degré II).

- Proposition pour la comparaison globale des variantes : A1 et E1.

#### 4.3.2 Zone 2 : Vauderens-Fribourg (variantes A2, B2)

- Durée du parcours

Les variantes A2 et B2 sont très voisines sur le plan de la durée du parcours. La réduction est très sensible par rapport au temps technique actuel, puisqu'elle est de l'ordre de 8 minutes, soit 45 %.

- Type de trafic

Amélioration de la voie existante qui pourrait être supprimée sur certains tronçons.

- Coûts

Les 2 variantes sont d'un coût pratiquement égal. On constatera l'intérêt économique de la nouvelle ligne dans la zone 2, pour laquelle le coût de la minute gagnée ne dépasse pas 21 millions de francs.

- Contraintes constructives

Aucun glissement potentiel ou actif à signaler sur l'ensemble du tracé. La variante B 2 est défavorisée par la nécessité de prévoir un petit tunnel au sud de Romont

- Occupation du sol (cf. annexe II, fig. 22 et 23)

La variante A2 ne pose pas de problèmes. La variante B2 est pénalisée, dans la région de Romont, par l'existence de la zone industrielle sud; c'est la présence (récente) des industries dans cette zone qui a déterminé la géométrie médiocre en plan et la construction éventuelle d'un tunnel sur ce tracé.

En ce qui concerne la déviation Chénens-Rosé, les zones à bâtir de Chénens, Lentigny et Onnens, associées aux zones de protection du paysage, limitent singulièrement le choix d'un tracé.

- Protection des paysages

On rencontre deux zones sensibles à des degrés différents :

- . Romont-est, variante A2 (annexe II, fig. 22), paysage intéressant (degré de protection 2).

Les problèmes qui pourraient se poser résulteraient plutôt du fait que la construction de la variante A2 suppose le maintien du tracé existant. La colline de Romont (paysage degré 1 + objet culturel par sa vieille ville et son château fortifié du 13ème siècle) serait "ceinturée" par des voies ferrées.

- . Lentigny-Cottens (annexe II, fig. 23). Les étangs entourés de roseaux sont des sites protégés. Les ceintures de bouleaux et de saules qui leur sont associées sont considérées comme des paysages à protéger (degré 1).

- Proposition pour la comparaison globale des variantes : A2 et B2.

#### 4.3.3 Zone 1-2 Lausanne-Fribourg (variante D1-2)

- Durée du parcours

Elle est compatible avec l'objectif initial fixé, permettant par une combinaison avec B3 ou C3 de réaliser le trajet Lausanne-Berne en 40 minutes.

- Type de trafic  
Elle autorise un trafic mixte sur le tronçon Lausanne-Payerne. Trafic rapide exclusivement sur Payerne-Fribourg. Ne permet pas la suppression de la voie existante.
- Coût  
Variante la plus chère, quelles que soient les autres combinaisons 1+2 examinées (A1-A2 ou A1-B2). La majoration est de l'ordre de 25 %.
- Contraintes constructives  
Le coût élevé de la variante résulte de la présence de nombreux tunnels, dont celui du Jorat, de près de 17 km de longueur. Tous les tunnels sont cependant forés presque entièrement dans une molasse de bonne tenue. Terrains de couverture friables possibles près des portails.
- Occupation du sol  
Conflits, peu probables, avec des zones à bâtir.
- Protection des paysages  
Nombreux conflits en territoire fribourgeois : vallée de l'Arbogne, marais de Noréaz, lac de Seedorf. Les situations conflictuelles ont cependant été réduites dans la mesure du possible.
- Proposition pour la comparaison globale des variantes :  
La variante D1-2 n'est pas retenue, essentiellement à cause de son coût élevé. Son intérêt éventuel en tant qu'alternative à la ligne du Jura pour le trafic marchandises, ne peut être analysé ici, car il sort du cadre de cette étude.

#### 4.3.4 Zone 3 : Fribourg-Berne (variantes B3, C3)

- Durée du parcours  
La différence entre B3 et C3 n'est pas significative. La réduction du temps de parcours est de l'ordre de 5 minutes, soit 25 % de la durée actuelle.
- Type de trafic  
B3 : trafic rapide exclusivement. La voie actuelle doit être conservée.  
C3 : trafic mixte. Il s'agit d'une amélioration du tracé existant.
- Coûts  
Pas de différence sensible entre B3 et C3. Le coût de la minute gagnée est d'environ 60 millions de francs.

- Contraintes constructives

Tunnels : ils seront forés dans la molasse aquitanaïenne (vallée du Tafersbach) ou dans la moraine fluvio-glaciaire (colline de Galmis; forêt du Forst). Les portails nord du tunnel de Wünnewil et les deux portails du tunnel de Flamatt sont dans des zones de glissement actif.

Les culées des principaux ponts des 2 variantes sont dans des zones de glissements possibles.

- Occupation du sol

La variante B3 ne pose pas de problèmes, sauf à son extrémité (Niederwangen). La variante C3 passe en viaduc par dessus une zone à bâtir, probablement industrielle, dans la vallée du Tafersbach (Chrummatt), après avoir traversé en tunnel une zone de villas (Pfaffenholz). On rappellera aussi que cette variante exigera la construction d'une trémie couverte et des remaniements urbains importants à Thörishaus.

- Protection des paysages

La variante B3 traverse le "paysage de Boesingen" (degrés 1 et 2) et les "coteaux de la vallée de la Singine" (degré 2). Il y a un "domaine de conflit" (Konfliktgebiet) possible également au raccordement avec la voie actuelle à Niederwangen (sortie du tunnel dans le flanc gauche du Wangental).

La variante C3 ne touche à aucun site faisant l'objet d'une proposition de protection.

- Proposition pour la comparaison globale des variantes : B3 et C3.

5. COMPARAISON GLOBALE DES VARIANTES - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LA SUITE DE L'ETUDE

5.1 Comparaison globale des variantes

- Variantes retenues par zones :
- 1 : A1, E1
  - 2 : A2, B2
  - 3 : B3, C3

Variante	Longueur km	Temps de parc. hor.	Coût 10 <sup>6</sup> fr.	Coût min. gagnée 10 <sup>6</sup> fr.
A1- A2- B3	84.7	38 min	1130	40.5
A1- A2- C3	85.7	39	1090	40.5
A1- B2- B3	85.1	39	1120	41.5
A1- B2- C3	86.1	40	1080	41.5
E1- A2- B3	91.8	47 min	715	37.5
E1- A2- C3	92.8	48	675	37.5
E1- B2- B3	92.2	48	705	39.0
E1- B2- C3	93.2	48	665	37.0
CFF existant	97.2	66 min	----	----

Fig. 10- Comparaison globale des variantes

- Discussion

La variante A1 permet seule de répondre à l'objectif fixé. Les conclusions de la CGST sont confirmées :

"Sur le plan de l'attractivité, la construction (selon la variante A1) du secteur (Lausanne)-La Conversion-Oron-(Vauderens), qui rapporte un gain de temps de plus de 10 minutes, est intéressante, mais en raison du coût élevé du tunnel du Lavaux, sa réalisation n'entre en ligne de compte qu'à la fin de la période de planification".

Ajoutons à cette conclusion de la CGST que, du fait des difficultés géologiques rencontrées, le tunnel de Lavaux s'allongera à 14,3 km (au lieu de 11).

Les conclusions rapportées ici sont celles de la variante finale VF-2, qui suppose une "croissance modérée, non inflationniste, permettant d'affecter au secteur des transports davantage de moyens"<sup>1/</sup>.

La variante E1 consiste à maintenir le tracé actuel jusqu'à Palézieux et à améliorer le tronçon le plus lent de la voie existante Palézieux-Oron-Vauderens. La somme engagée pour cette amélioration est le tiers (200 millions au lieu de 600) du coût de la variante A1; l'amélioration de la durée du parcours est, il est vrai, dans la même proportion, ce qui fait que le coût de la minute gagnée est du même ordre de grandeur. Il nous faut ouvrir ici une parenthèse sur un aspect qui n'a pas été pris en compte jusqu'ici dans cette étude et qui concerne l'attractivité des paysages offerts aux passagers : dans la variante E1, le célèbre coup d'oeil au débouché du tunnel de Chexbres sur le bassin lémanique (sens Berne-Lausanne) est conservé; dans la variante A1, il est remplacé par un trajet en tunnel... Ceci dit, nous recommandons de retenir pour la suite des études les variantes A1 et E1.

Dans la zone 2, Vauderens-Fribourg, il n'y a en fait qu'une variante A2. B2 est une sous-variante constituant une solution de rechange éventuelle applicable localement à Romont. Notre conclusion est que l'amélioration du tracé dans la zone 2 est très intéressante à tous points de vues : réduction sensible de la durée du parcours (8 minutes) à un coût relativement peu élevé (220 millions); peu de difficultés constructives et peu de situations conflictuelles avec l'occupation du sol ou la protection des paysages. Les conclusions de la CGST - "un premier tronçon (Fribourg)-Matran-Oron peut être réalisé par transformation de la ligne existante à un coût relativement modeste" - sont vérifiées.

On notera, du point de vue de l'attractivité, que la réalisation de cette variante sur le tronçon Vauderens-Fribourg permet, à elle seule, d'effectuer le trajet Lausanne-Berne en un temps inférieur au "seuil psychologique" de l'heure (57-58 minutes), à condition de disposer, naturellement, du matériel de traction adéquat.

---

<sup>1/</sup> CGST - Rapport final - Chap. 5 Définition des VF. Berne, déc. 77

Dans la zone 3, Fribourg-Berne, les 2 variantes B3 et C3 sont très proches l'une de l'autre du point de vue de leurs résultats quant à la réduction de la durée de parcours et au coût. Elles résultent pourtant d'une recherche opposée : B3 est une alternative comprenant une voie nouvelle rapide réservée au trafic léger alors que C3 consiste à améliorer le tracé actuel qui pourrait être supprimé, la voie améliorée acceptant tous les types de trafic. Les critères pris en compte dans cette étude sont trop limités pour que l'on puisse faire un choix définitif entre ces 2 variantes : l'étude a simplement permis de soulever des questions (occupation du sol, protection des paysages notamment) et de faire apparaître qu'il y a précisément une alternative possible à la solution avancée par la CGST. Nous recommandons de mener plus loin en parallèle l'étude de ces deux variantes pour qu'une connaissance plus détaillée des conditions possibles de réalisation permette de dégager, à terme, la solution la plus intéressante.

## 5.2. Conclusions

- a/ La satisfaction de l'objectif de durée du parcours envisagé par les CFF (Lausanne-Berne en 40 minutes) exige le choix d'une variante globale incluant dans la zone 1, Lausanne-Vauderens, la variante A1 qui consiste à créer un "tunnel de Lavaux" de 14 km de longueur entre la Faudèze et la Broye. Le choix de l'une ou l'autre des variantes présentées dans les zones 2 et 3, Vauderens-Fribourg et Fribourg-Berne, n'a pas d'influence notable sur cette durée.
- b/ Le coût des variantes incluant le tunnel de Lavaux et répondant ainsi à l'objectif est de l'ordre de 1100 millions de francs. Une telle réalisation se justifie dans le contexte de croissance modérée mais soutenue de l'économie suisse constituant l'idée fondamentale de la variante finale 2 (VF-2) de la CGST.
- c/ Une alternative, basée sur le principe de la modération des dépenses, a été mise au point. Elle consiste en particulier à améliorer, dans la zone 1, le tracé existant de Palézieux à Vauderens. Elle ne répond pas à l'objectif envisagé (la durée du trajet Lausanne-Berne est de 48 minutes) mais son coût est réduit à 700 millions de francs.
- d/ Une ligne nouvelle peut être créée dans la zone 2 - Vauderens-Fribourg - à un coût relativement modeste - 220 millions de francs - avec un gain de temps de 8 minutes permettant de ramener la durée du trajet Lausanne-Berne de 66 à 58 minutes. Cette section devrait faire l'objet d'une réalisation prioritaire dans le programme général d'exécution de la NTF Lausanne-Berne.
- e/ Une alternative à la voie rapide proposée par la CGST entre Guin et Niederwangen a été mise au point. Elle consiste à améliorer le tracé existant de Guin à Thörishaus. Les deux variantes sont sensiblement égales quant à leur coût et à la réduction de la durée du parcours. Les critères de choix entre deux alternatives devront être approfondis dans une phase plus détaillée des études.

### 5.3. Recommandations pour la suite de l'étude

*L'étude a conduit à la sélection des variantes suivantes :*

	<i>satisfaisant l'objectif</i>	<i>minimum</i>
<i>Zone 1 Lausanne - Vauderens :</i>	<i>A1</i>	<i>E1</i>
<i>Zone 2 Vauderens - Fribourg :</i>	<i>A2, B2</i>	
<i>Zone 3 Fribourg - Berne :</i>	<i>B3, C3</i>	

*Cette sélection est basée sur une série de critères volontai-  
rement limités et examinés dans un cadre préliminaire. Nous  
recommandons pour cette raison de poursuivre le projet de  
toutes ces variantes au moins jusqu'au projet général au 1:5000.*

*Les critères de choix devront en outre être complétés sur les  
points principaux suivants :*

- Imbrication avec d'autres projets (troisième voie Berne-  
Flamatt pour le trafic de banlieue, par exemple)*
- Programmes et étapes de construction (les "améliorations de  
tracé" peuvent être favorisées à cet égard)*
- Concept et économie d'exploitation*
- Examen détaillé des impacts sur l'environnement.*

Lausanne, novembre 1982

## BIBLIOGRAPHIE

1. Rapport final sur les travaux de la Commission fédérale de la conception globale suisse des transports (Berne, décembre 77)
2. Bulletin des CFF (mars 82)
3. Conférence de presse "Nouvelles transversales ferroviaires (NTF)" (mai 82)
4. Plan directeur cantonal (canton de Vaud, Service de l'aménagement du territoire)
5. Inventaire des sites naturels du canton de Fribourg 1:50 000. (Office cantonal de l'aménagement du territoire)
6. Plan der provisorischen Schutzgebiete 1:25 000; 1186 Schwarzenburg, 1166 Bern. (Planungsamt des Kantons Bern)
7. Zones à bâtir légalisées ou en voie de l'être 1:10 000. (Office des constructions et de l'aménagement du territoire, canton de Fribourg)
8. Carte préliminaire des glissements de terrain 1:50 000. (Commission cantonale pour l'établissement d'un cadastre des avalanches, Institut de géologie de l'Université de Fribourg, Office cantonal de l'aménagement du territoire)
9. Carte géologique de la Suisse 1:500 000. (Commission géologique suisse, 1972)
10. Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, Karte der Oelführenden Molasse zwischen Genfer- und Neuenburgersee 1:50 000 Agrandissement au 1:25 000. Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie Lief. 26/1
11. Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz. Geologische Uebersichtskarte des schweizerischen Mittellandes zwischen Solothurn und Moudon 1:100 000. Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie Lief. 26/3
12. Congrès international de sédimentologie, Suisse 1958. Livret-guide II, Excursions C et D à partir de Lausanne, A. Bersier, H. Badoux, J. Tercier
13. AR N9 Lausanne-St Maurice. Cartes géologiques 1:5000. A. Bersier, 1963 et 1966
14. AR N9 Lausanne-St Maurice. Profils en long géologiques 1:5000/500 A. Bersier, 1963 et 1966
15. AR N9 Lausanne-St Maurice. Pont de Bahyse, coupe en long 1:2000
16. AR N12 Vevey-Berne, contre-projet Chexbres-Semsaes. Carte géologique 1:10 000. H. Norbert, 1973

## ANNEXES

ANNEXE I Evaluation du coût des variantes (détails)

ANNEXE II Informations complémentaires sur les variantes retenues

ANNEXE III Variantes écartées

## ANNEXE I : Evaluation du coût des variantes

### 1. PRIX ELEMENTAIRES

L'évaluation du coût des variantes a fait l'objet d'une étude détaillée de prix, notamment ceux ayant trait aux ouvrages d'art : ponts et tunnels.

Des abaques ont été établis pour chiffrer correctement les diverses variantes en fonction des éléments fournis par les tracés en plan et profils en long.

Les bases de calcul sont données dans la présente annexe :

- Déblais : La figure 11 montre quels sont les profils qui ont été adoptés et donne une courbe du coût du mètre de tranchée en fonction de sa hauteur. L'abaque a été établi sur la base d'un prix unitaire moyen des déblais de 10 fr/m<sup>3</sup>.
- Remblais : La figure 12 indique le profil-type adopté et le coût au mètre linéaire du remblai, compté au prix moyen unitaire de 15 fr/m<sup>3</sup> (ce prix comprend pour moitié l'extraction des matériaux et pour le reste le transport jusqu'à 500 m et la mise en place, compactage inclus).
- Ponts : La figure 13 montre la courbe de l'évolution des coûts en fonction de la hauteur moyenne des piles de l'ouvrage. Cette courbe s'appuie sur les résultats comptables d'ouvrages CFF récents construits en Suisse. On notera que les prix ne sont pas actualisés aux conditions 1982; la date de l'achèvement de chaque ouvrage est en revanche mentionnée.
- Tunnels : La première approche a consisté à établir le coût élémentaire au mètre linéaire de divers profils de tunnels adaptés aux conditions supposées rencontrées.
- Les résultats ont été comparés à ceux d'ouvrages construits dans les dix dernières années dans des conditions similaires :
- pour la molasse chattienne : tunnels de la N9 de Belmont, du Chauderon, de la Criblette, du Flonzaley
  - pour la molasse du plateau suisse (aquitanien, burdigalien) : tunnels du Buechberg et de Woneran notamment.

Les résultats des décomptes finals de ces ouvrages ont été actualisés aux conditions 1982 par l'application de la variation des indices de construction.

2. EVALUATION DES VARIANTES (cf. § 4.2)

La figure 14 donne le sous-détail du coût total de chaque variante. On se reportera au texte du rapport (§4.2) pour les commentaires des résultats.

Fig. 11- Coût des tranchées en fonction de la hauteur

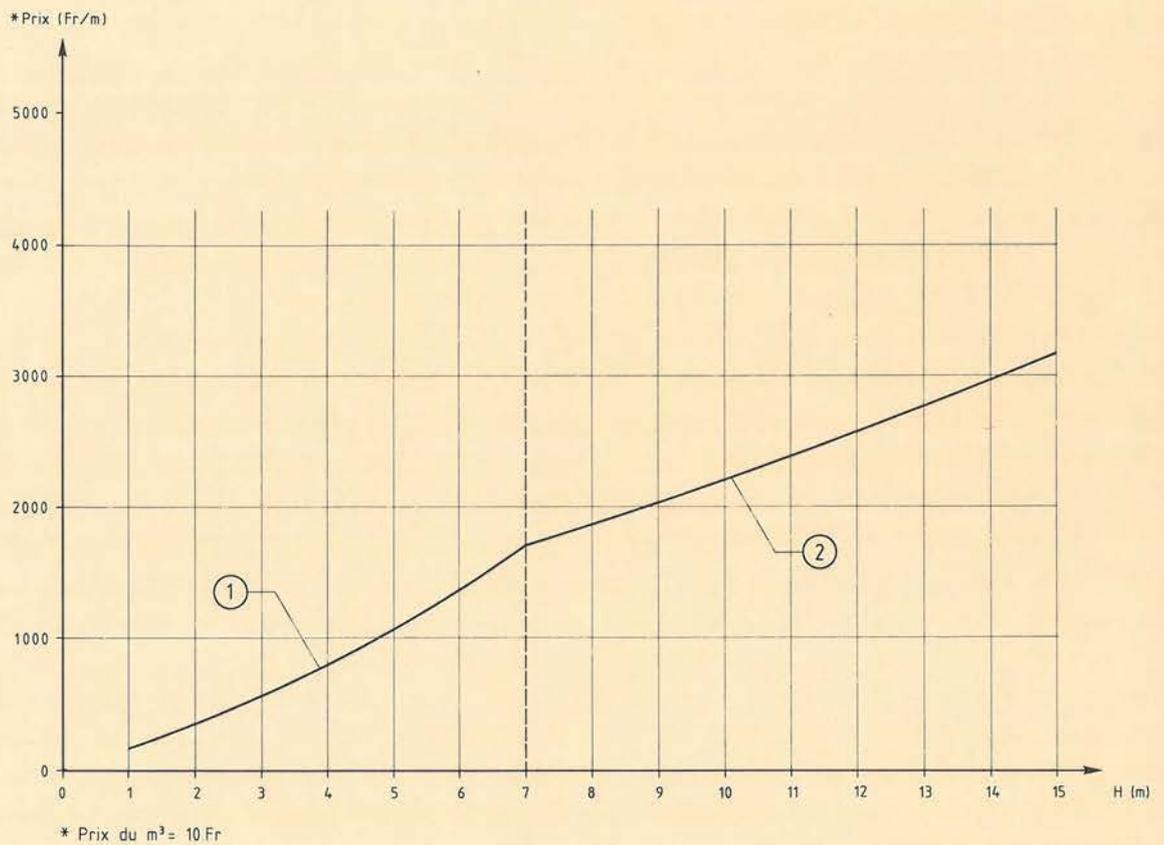
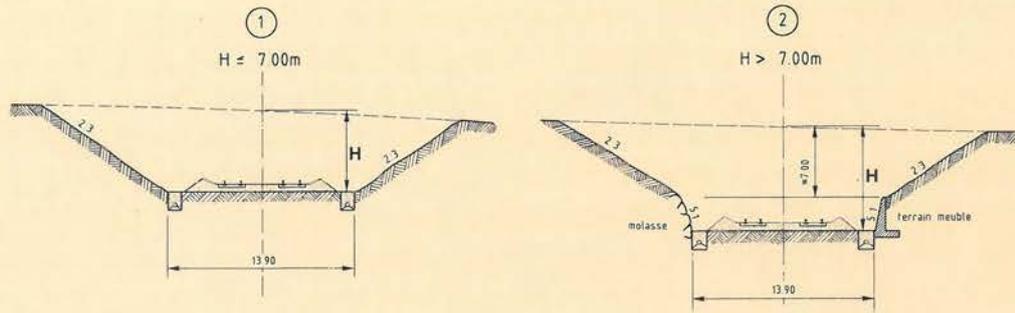


Fig. 12- Coût des remblais en fonction de la hauteur

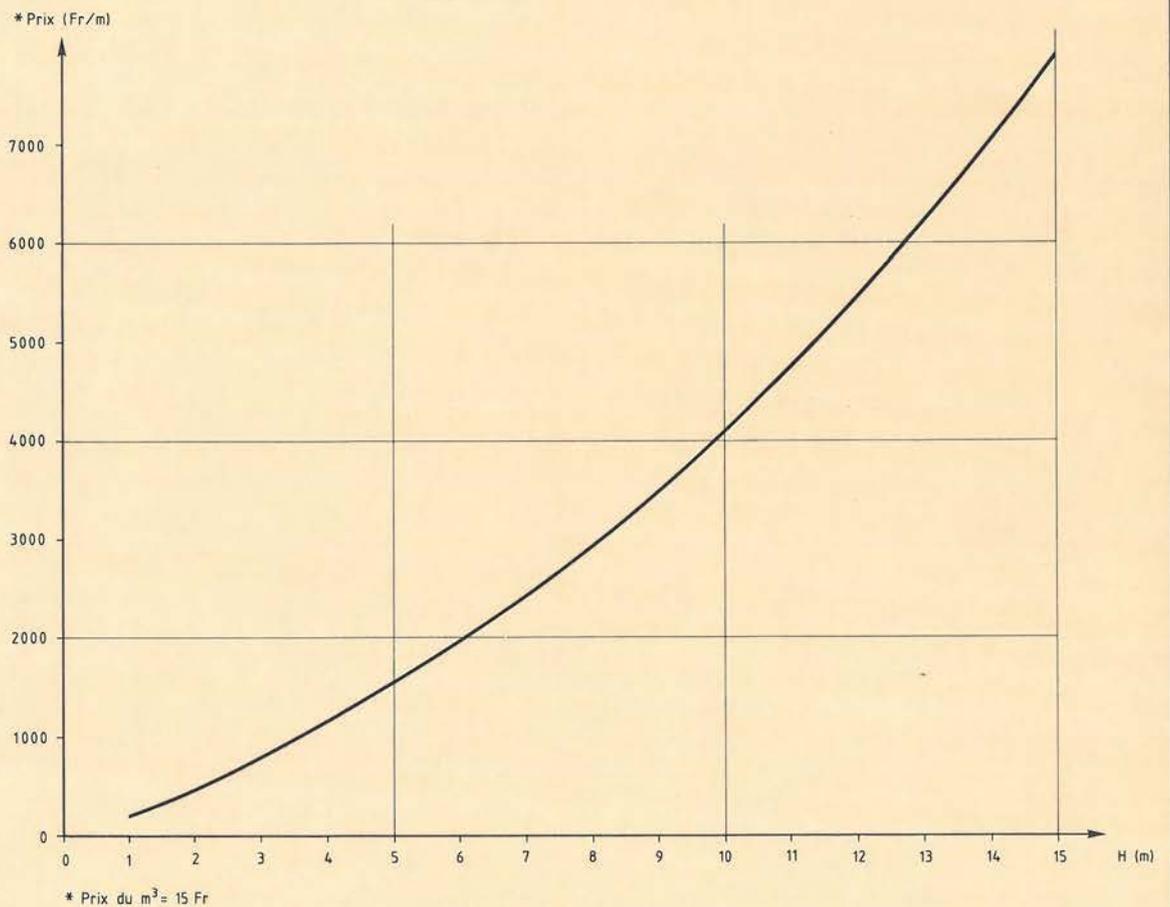
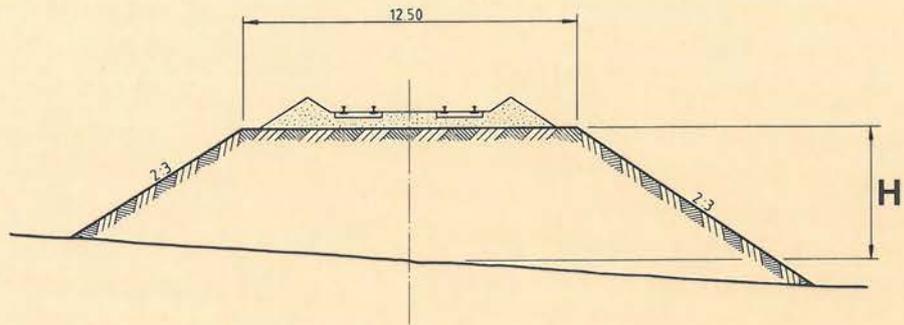
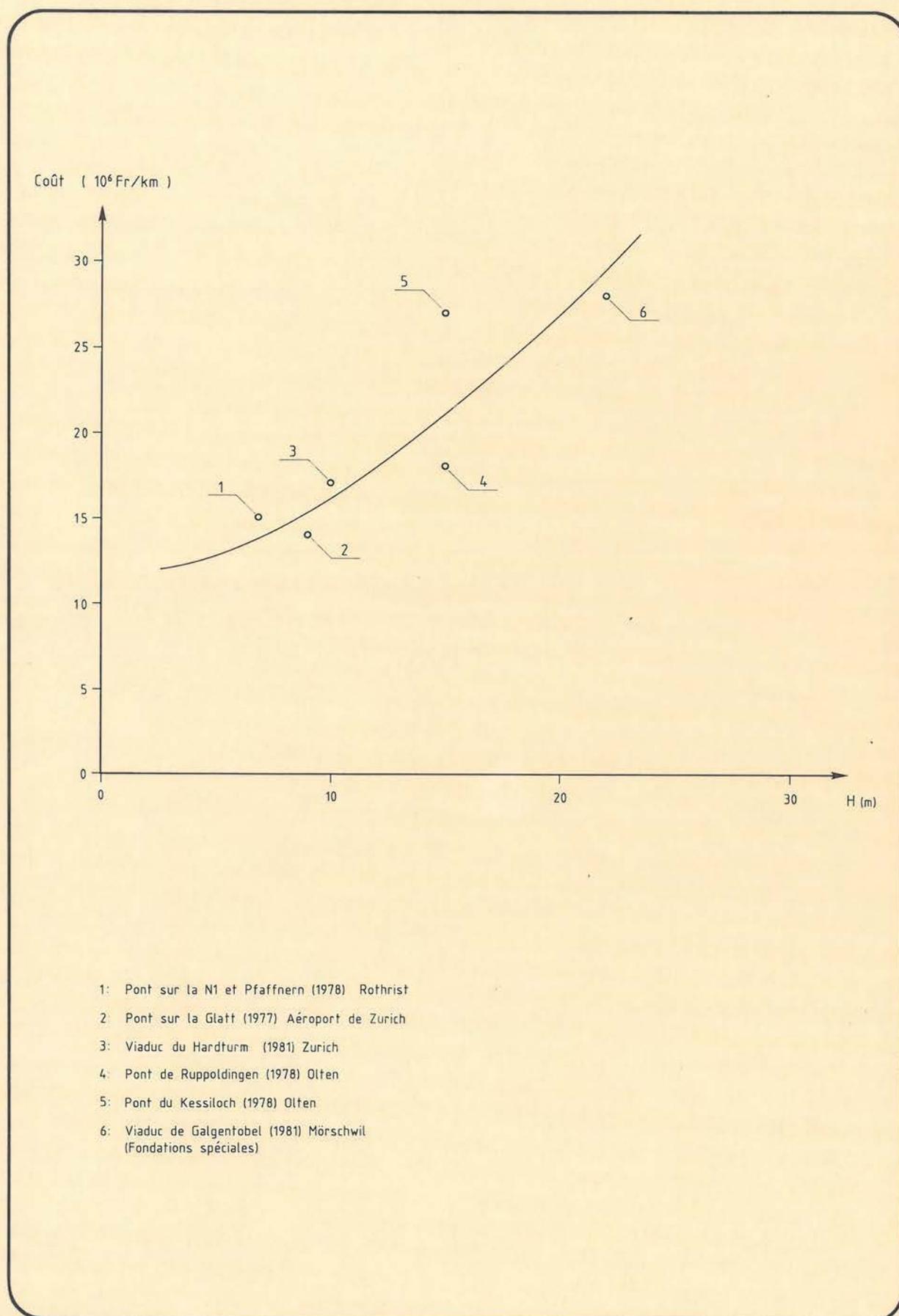


Fig. 13- Coût des ponts en fonction de la hauteur



- 1: Pont sur la N1 et Pfaffnern (1978) Rothrist
- 2: Pont sur la Glätt (1977) Aéroport de Zurich
- 3: Viaduc du Hardturm (1981) Zurich
- 4: Pont de Ruppoldingen (1978) Olten
- 5: Pont du Kessiloch (1978) Olten
- 6: Viaduc de Galgentobel (1981) Mörschwil (Fondations spéciales)

## ANNEXE II : Informations complémentaires sur les variantes retenues

On trouvera dans la présente annexe des extraits des cartes au 1:25 000 des contraintes naturelles et d'occupation du sol pour les principaux "points de conflit" caractéristiques relevés au cours de l'étude et qui ont conduit :

- à descendre en-dessous des caractéristiques géométriques minimales requises

C'est le cas des variantes :

- . A1 près d'Auboranges : figure 21
- . B2 près de Romont : figure 22

- à prendre la décision de traverser ou de "mordre sur" des zones de protection, tout autre solution étant impossible

Ce cas est illustré par les variantes :

- . A1/E1 à Blessens : figure 21
- . A2 à Romont : figure 22
- . A2 à Lentigny : figure 23

- à abandonner une variante

C'est le cas de la variante a3 à Guin (figure 24).

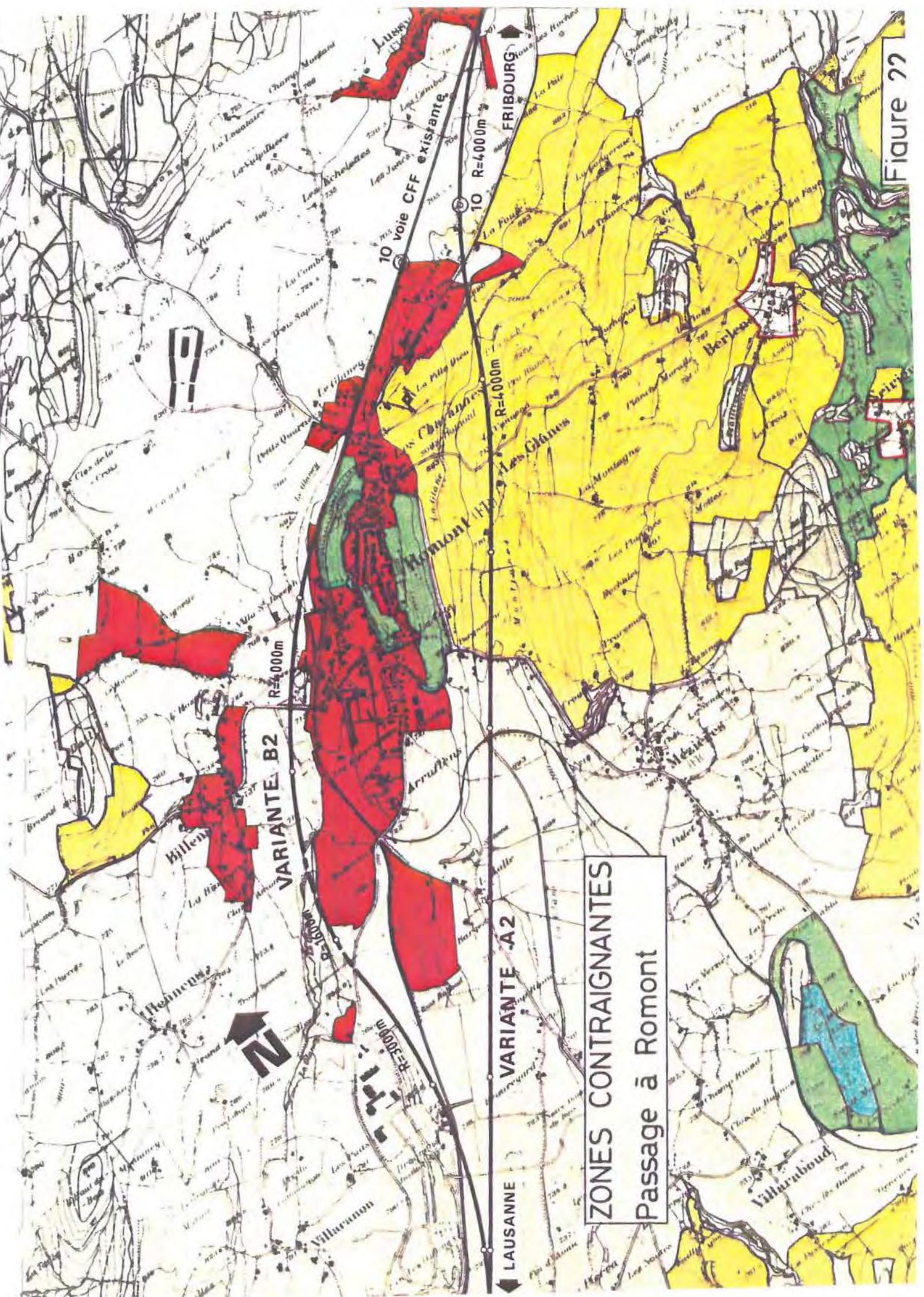
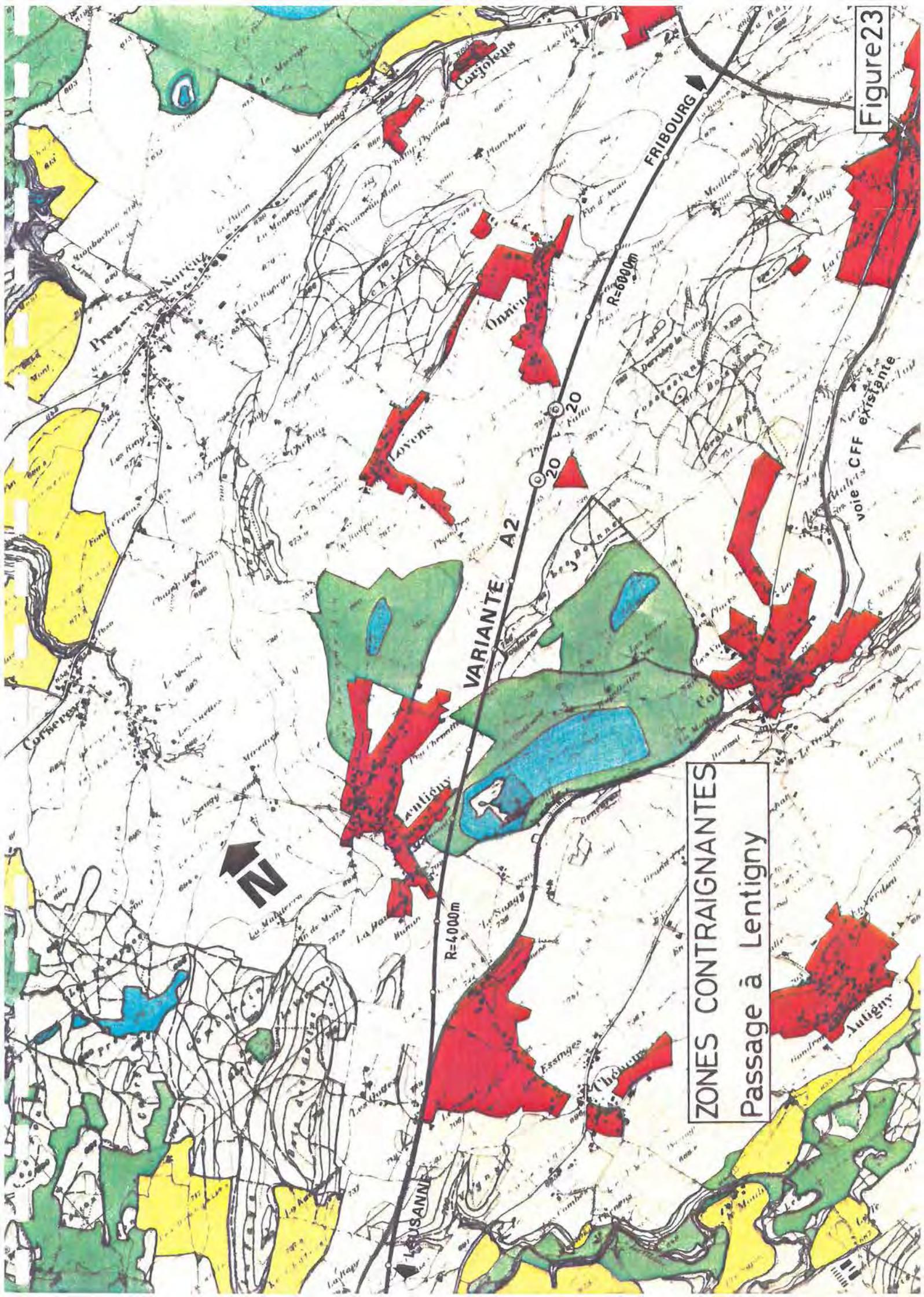


Figure 27

ZONES CONTRAIGNANTES  
Passage à Romont



ZONES CONTRAIGNANTES  
Passage à Lentigny

VARIANTE A2

FRIBOURG

LEUSANNE

Autigny

voie CFF existante



R=4000m

R=8000m

20

20

LEUSANNE

Autigny

voie CFF existante

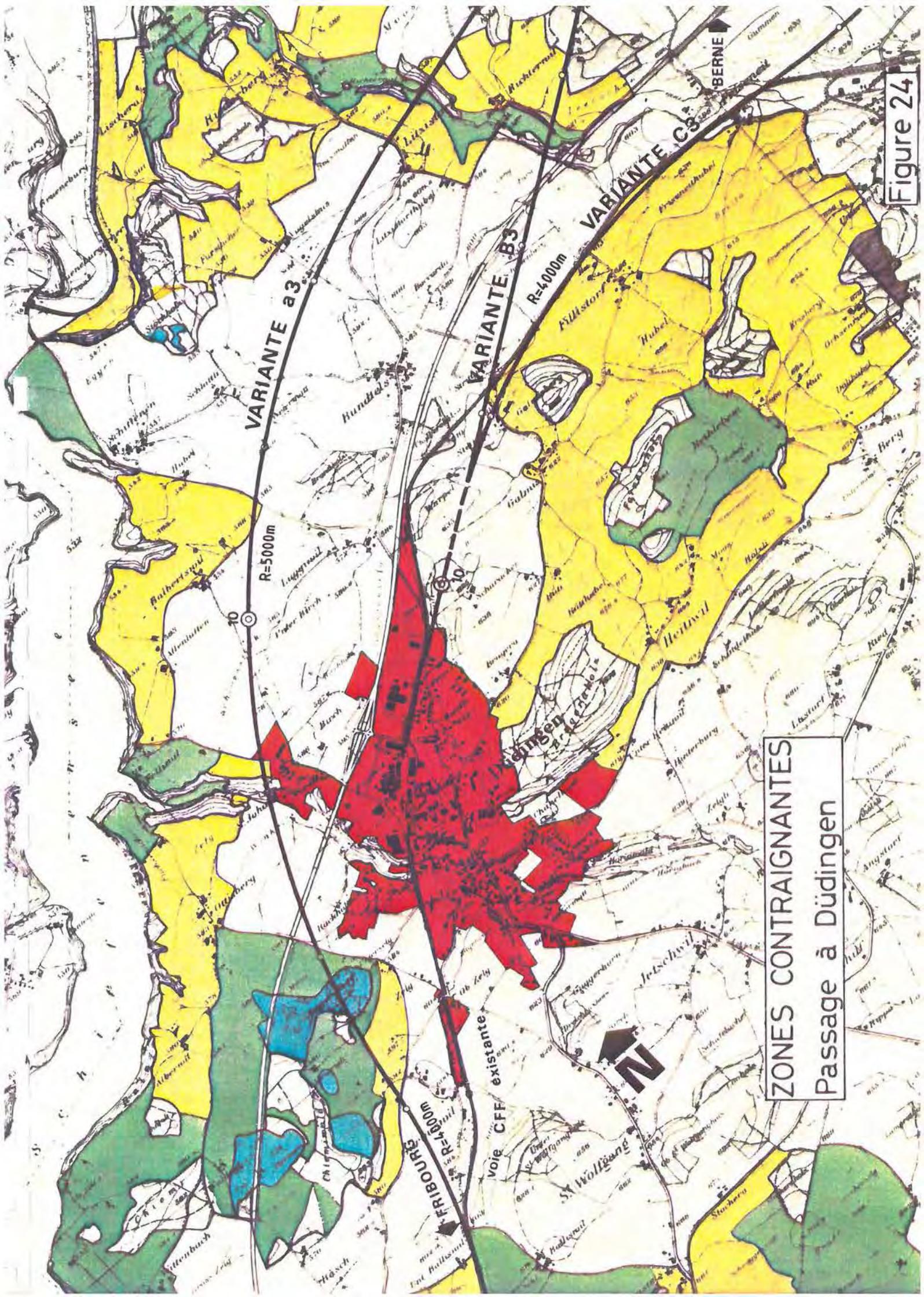


R=4000m

R=8000m

20

20



ZONES CONTRAIGNANTES  
Passage à Düdingen

Figure 24

ANNEXE III : variantes écartées1. Zone 1 - Lausanne-Vauderens (cf. fig. 31)Variante a1

Le tracé initial de la variante a1, retenue par la CGST, a dû être écarté pour des raisons géologiques. Il coïncidait en effet, dans sa partie en tunnel, avec la "discordance de Lausanne", accident géologique formé par un chevauchement tectonique marquant la limite entre la molasse subalpine, d'âge chattien, et la molasse du plateau, burdigalienne ou aquitaniennne (§ 2.5.3, fig. 4). Cet accident tectonique est notamment caractérisé par des zones broyées ou mylonitisées et, dans la molasse chattienne, par un système de failles et plissements très redressés. L'axe du tunnel aurait longé l'accident sur toute sa longueur, rencontrant ainsi en quasi permanence des zones broyées ou, au mieux, un système de fracturation défavorable quant à son orientation.

Les aléas d'exécution d'un tunnel dans de telles conditions n'étant pas chiffrables, ce tracé a été abandonné au profit de la variante A1 qui répond aux recommandations géologiques suivantes :

- éviter au maximum la molasse chattienne de tenue médiocre à mauvaise, surtout en cas de parallélisme aux couches;
- recouper, le plus perpendiculairement possible, le chevauchement tectonique marquant la limite de la molasse subalpine, chevauchement qui laisse craindre de très grandes difficultés en souterrain;
- pénétrer, le plus rapidement possible, dans la molasse aquitaniennne de tenue moyenne à bonne ou dans la molasse burdigalienne de bonne à très bonne tenue;
- éviter les principales zones en glissement déclaré ou potentiel pour l'implantation des portails.

Variante c1

La variante c1 débutait en tunnel, comme la variante B1, au kilomètre 7, mais le tunnel, de 11,5 km de longueur, foré pour moitié dans la molasse à charbon et pour moitié dans les poudingues du Mont Pélerin, débouchait à Palézieux-gare. Il s'agissait en fait d'une amélioration du tracé entre Lausanne et Vauderens, combinant un tunnel de grande longueur entre le Lavaux et Palézieux avec une amélioration des caractéristiques de la voie existante selon la variante E1 au-delà.

Cette variante a été abandonnée en raison des aspects négatifs suivants :

- elle ne permet pas de répondre aux objectifs de durée de parcours fixés;
- son coût est élevé (tunnel plus long que pour B1) pour un gain de temps inférieur, soit un coût de la minute gagnée nettement supérieur aux autres variantes;
- elle n'apporte pas d'économies d'exploitation sensibles : l'exploitation de la voie existante doit notamment être maintenue.

2. Zone 2 - Vauderens-FribourgVariante c2

Cette variante, esquissée par les CFF, consistait à prévoir des corrections localisées de la voie actuelle de façon à garantir une vitesse de 160 km/h dès la sortie du tunnel de Vauderens (conservé pour sa part dans son état actuel), le tracé existant par Cottens et Neyruz étant, par ailleurs, modifié dans le même sens que pour la variante A2.

Cette variante a été écartée pour les raisons suivantes :

- compte tenu d'une topographie et d'une géologie relativement faciles, la zone 2 se prête particulièrement bien à la création d'une voie rapide permettant de gagner du temps à un coût relativement bas. La variante c2 est contraire à ce principe, car elle ne concerne que des améliorations partielles;
- la réutilisation de tronçons existants rectilignes en terrain plat (sans ouvrages d'art importants) pour la création d'une voie à grande vitesse (200 km/h ou plus) manque d'intérêt : l'infrastructure récupérée est de peu de valeur et la superstructure doit, de toute façon, être changée;

- les interventions localisées avec récupérations partielles du tronçon peuvent provoquer des complications de chantier, par suite de l'obligation du maintien de l'exploitation en cours de travaux.

#### Variante d1-2 Lausanne-Fribourg (cf. fig. 32)

La variante d1-2 est une alternative à la variante D1-2; elle conserve le même tracé que cette dernière jusqu'à Granges-Marnand dans la vallée de la Broye (description D1-2, cf. § 3.3.3). Le tracé de la variante d1-2 reste cependant dans la vallée de la Broye jusqu'à la hauteur de Fétigny. Il laisse ensuite Payerne à sa gauche lorsqu'il remonte la vallée de l'Arbogne et le creux de la Chetta, empruntés par l'actuelle voie CFF Payerne-Fribourg, puis il traverse une région assez accidentée entre Léchelles et le raccordement à la voie actuelle Lausanne-Berne, près de Villars-sur-Glâne. Le tronçon exige la construction de 4 tunnels et 3 ponts totalisant respectivement 5775 m et 775 m.

L'objectif visé par cette variante était la réduction sensible du coût du tronçon compris entre la vallée de la Broye et celle de la Glâne. Il est atteint, dans une certaine mesure, puisque le coût total de d1-2 est de 1 milliard de francs contre 1,05 milliard pour le projet D1-2. Ce gain se fait cependant aux dépens du temps de parcours qui est allongé d'une minute. Le rapport coût/minute gagnée reste inchangé et l'objectif de 40 minutes entre Lausanne et Berne n'est pas respecté bien qu'on en soit proche (41 à 42 minutes selon les variantes).

La variante n'a pas été retenue essentiellement pour cette raison et, plus globalement, pour les mêmes raisons que la variante D1-2, dont l'étude ne paraît pas devoir être poursuivie, pour les raisons invoquées au § 4.3.3.

### 3. Zone 3 - Fribourg-Berne (cf. fig. 33)

La variante a3 est une solution d'évitement de Guin (Düdingen). Quittant la voie existante juste après le pont de Grandfey, sur la Sarine, elle passe à l'ouest de Guin pour rejoindre la variante retenue B3, juste avant le viaduc sur la Singine. Depuis ce point, le tracé des deux variantes est commun jusqu'à Niederwangen, en traversant la forêt du Forst (cf. § 3.4.1, description de la variante B3).

Comme pour la solution B3, il s'agit d'une voie expresse réservée aux trains type A, ce qui suppose que la ligne existante est conservée. L'objectif de cette variante était un gain de temps puisqu'elle permettait des vitesses de 200 km/h dès le pont de Grandfey.

La variante a été écartée pour les raisons suivantes :

- incompatibilité du tracé à l'ouest de Guin avec des paysages protégés (étangs de Guin, cf. fig. 24);
- gain de temps non significatif;
- économie de coût de la minute gagnée non significative.

Fig. 31- Zone 1 Variantes écartées (Ech. 1:100 000)

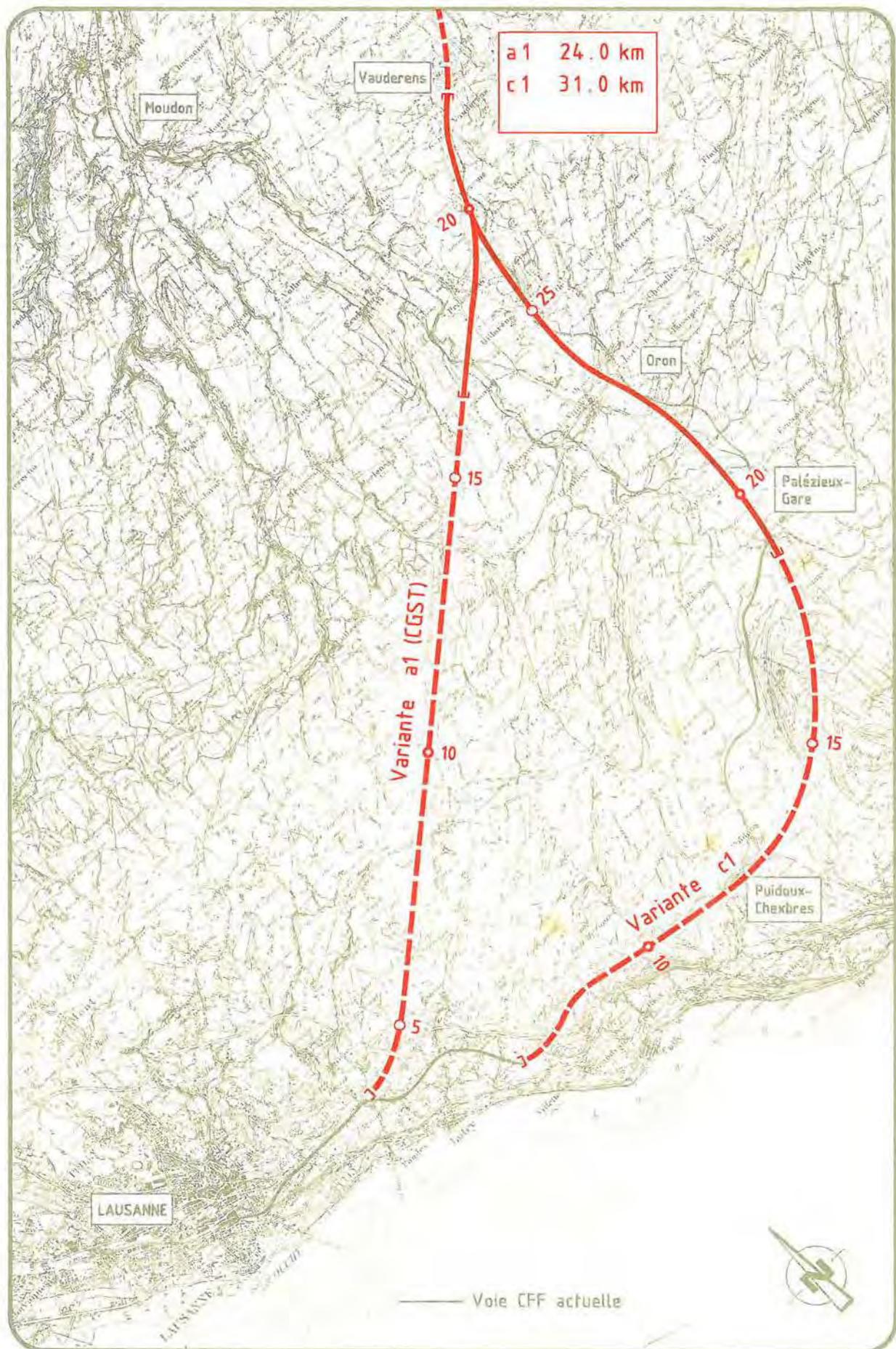


Fig. 32- Zone 2 Variantes écartées (Ech. 1:100 000)

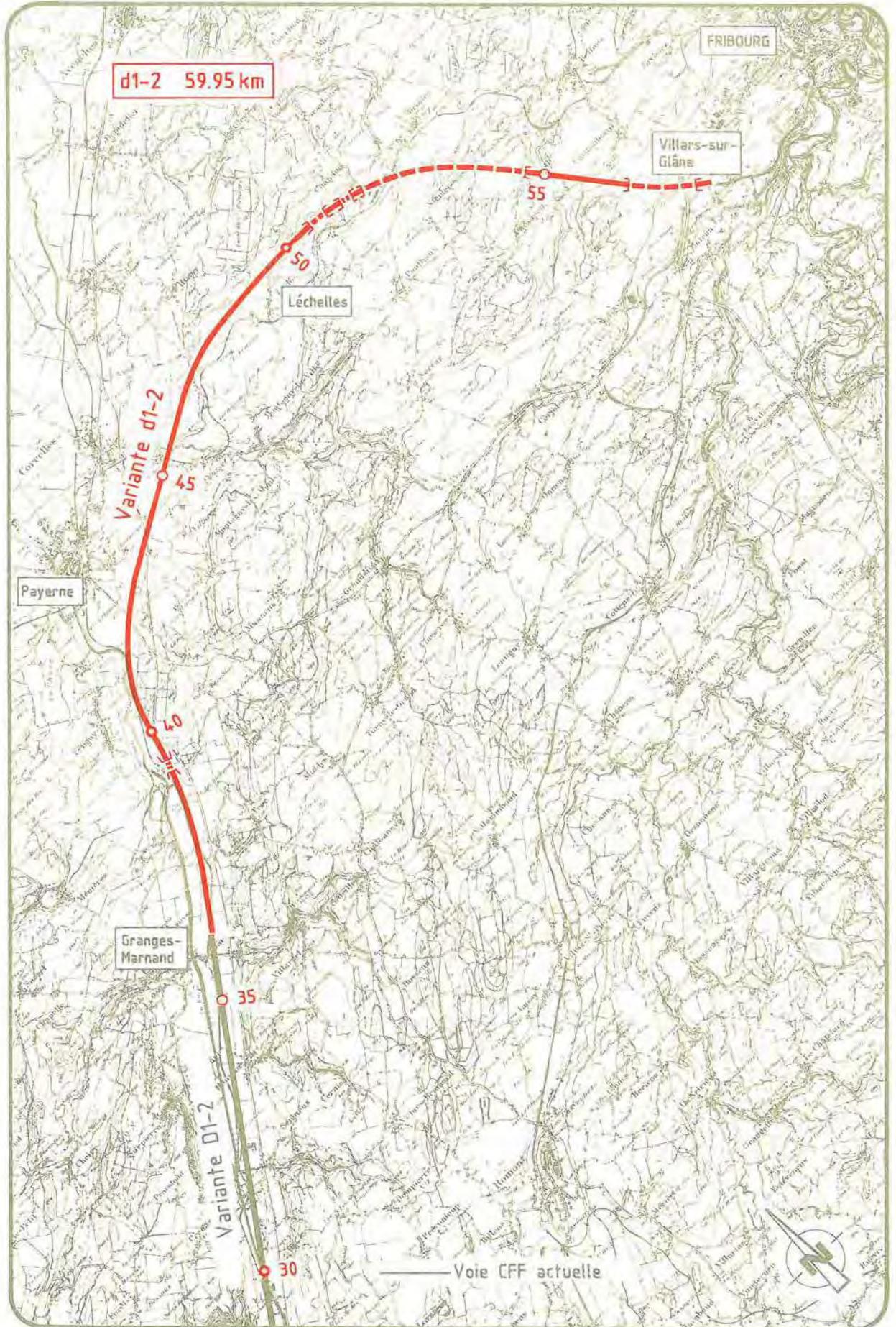


Fig. 33- Zone 3 variantes écartées (Ech. 1:100 000)

