

UNE MÉTHODE DE DÉTERMINATION DES FACTEURS TECHNIQUES LIMITANT LA PRODUCTION AGRICOLE EN MONTAGNE

LA METHODE PRESENTEE A POUR BUT DE DETERMINER, DANS UNE REGION, A L'AIDE D'UNE ETUDE DES CONDITIONS ACTUELLES DE LA PRODUCTION, LES POTENTIALITES et les techniques à mettre en œuvre pour les révéler. Nous serons amenés à préciser ce que nous entendons par potentialités.

BUT ET ORIGINE DE LA METHODE

La méthode a été élaborée au cours d'études successives en différents points de France et sur des surfaces variées.

Elle a d'abord été utilisée en 1961 sur une vaste étendue de 220 communes dans la Haute-Saône et le Doubs, puis sur 60 communes dans la partie corrézienne du plateau de Millevaches, ensuite dans des zones moins étendues : 5 communes du canton de Saint-Bonnet, dans le Champsaur ; 1 commune, celle de Saint-Agrève, dans le Haut Vivarais, en Ardèche ; enfin, en 1964 et 1965, 20 communes dans les hauts plateaux ardéchois qui prolongent ceux de

par J.-P. Deffontaines.

la Haute-Loire, vers l'Est (1). Dans tous les cas, il s'agit de zones d'agriculture de montagne ou de semi-montagne où les contraintes du milieu naturel sont particulièrement importantes.

Le point de départ de chacune de ces études a été entrepris pour répondre à la question posée le plus souvent par des organismes professionnels comme les chambres d'agriculture et qui pourrait schématiquement se formuler de la façon suivante :

« Nous avons observé les années précédentes, dans tel ou tel domaine, une amélioration technique ; actuellement nous ne constatons plus d'évolution, mais un palier dans la vulgarisation. Quelles sont en fait les possibilités de production de la région, quelles sont les techniques qu'il faudrait mettre en œuvre pour y parvenir, et dans quel ordre de priorité ? »

La réponse à cette question implique, dans un premier temps, la mesure des potentialités, puis l'analyse et l'inventaire des facteurs qui permettent de les révéler, et enfin un classement en fonction de leur priorité d'intervention.

DEFINITION DES POTENTIALITES

Il faut d'abord préciser ce que nous avons retenu comme définition du terme « potentialité ».

La potentialité (2) d'une culture est un rendement réalisable ; or le rendement R à l'échelle de la parcelle est une fonction des conditions naturelles m et des techniques t utilisées :

$$R = f(m, t)$$

Il est important de préciser que cette évaluation du rendement est faite au niveau de la parcelle. En effet, à cette échelle on peut ne pas tenir compte des facteurs du rendement tels que la structure de l'exploitation, la technicité de l'exploitant ou les raisons économiques du niveau d'intensification, ces

(1) « Etude des potentialités agricoles en Haute Ardèche. Une base d'orientation régionale ». *S.E.I.*, 1965.

« Essai de détermination des potentialités agricoles régionales ». J.-P. DEFFONTAINES, *Acta Géographica*, 1964 et 1966.

« Une méthode de détermination des potentialités agricoles régionales », *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M.*, 1967.

(2) Cette définition est applicable aux productions animales.

différents facteurs se traduisent par un ensemble de techniques qui seules, avec les facteurs du milieu, conditionnent finalement le rendement (1).

A milieu semblable, il sera donc possible de déterminer des potentialités correspondant à des niveaux techniques différents.

Pratiquement, dans une zone où les conditions naturelles sont suffisamment semblables, on peut retenir une échelle de potentialités constituée par les niveaux successifs suivants :

- Rendements obtenus chez les exploitants moyens : M
- Rendements obtenus chez les exploitants de tête : T
- Rendements obtenus chez des exploitants de pointe : P
- Rendements expérimentaux obtenus soit dans la région considérée, soit dans une région homologue (c'est-à-dire une région présentant des conditions de milieu très semblables) : E

Dans la méthode présentée, nous avons retenu comme potentialités pour une culture les valeurs de T ou P. Les références expérimentales étant peu fréquentes dans les régions étudiées, les valeurs E n'ont pu être que rarement utilisées.

A la valeur T ou P nous associons la notion d'accroissement potentiel, soit :

$$\frac{(P - M)}{M} \times 100 \quad \text{ou} \quad \frac{(T - M)}{M} \times 100$$

qui indique les possibilités de progrès des exploitants moyens.

Pour la détermination des potentialités, nous sommes donc amenés à délimiter des zones dans lesquelles les conditions naturelles de la production sont les plus homogènes possible ; ceci résultera d'une étude du milieu naturel ; il faut ensuite déterminer, dans chaque zone, et pour chaque culture, les exploitants moyens, de tête et de pointe, puis retenir les parcelles qui seront étudiées chez chacun d'eux. La mesure des rendements permet enfin d'obtenir la valeur des potentialités.

Dans ces mêmes parcelles on enregistre les caractéristiques de la végétation (stade, état, densité...), celles du sol : (observation du profil cultural et

(1) Pour appliquer les résultats à l'échelle de l'entreprise agricole, il faut cependant pouvoir associer les rendements et les techniques à tel ou tel type d'exploitation représenté dans la région. Pour cela, à l'information parcellaire est associé l'enregistrement de caractéristiques de l'exploitation.

analyse d'échantillon), on recueille enfin des informations techniques auprès de l'exploitant. Ces informations serviront à l'analyse des facteurs techniques du rendement, dans chaque zone.

Considérons l'exemple de l'étude réalisée en Haute Ardèche pour indiquer le déroulement de la méthode, les difficultés rencontrées et les résultats obtenus.

La région, qui s'étend sur 47.000 ha, comprend 20 communes : les limites nord, sud et est sont naturelles ; au nord, les monts volcaniques du Mézenc et du Gerbier de Jonc ; à l'est, la brusque rupture de pente de l'Ardèche ; au sud, la vallée de l'Allier. La limite ouest est administrative : c'est le département de la Haute-Loire. Il s'agit d'un plateau légèrement en pente du nord au sud (1.600 à 800 m). Le substratum cristallin a été recouvert par des nappes basaltiques, entaillées par les vallées de la Loire ou des affluents de l'Allier ; le volcanisme se retrouve surtout dans les zones plates du nord de la région.

DETERMINATION DES ZONES HOMOGENES

Pour délimiter les zones où les conditions du milieu naturel sont voisines, nous ne considérons que les facteurs qui sont permanents, ou du moins suffisamment stables, et que l'on suppose en relation avec la production agricole, c'est-à-dire ceux qui définissent le climat, la topographie et la géologie.

Il y a, dans la région étudiée, trois stations météorologiques. Au nord, Sainte-Eulalie (1.400 m), Issanlas au centre (1.100 m), enfin Loubaresse au sud à 960 m. Les caractéristiques de ces trois stations sont différentes.

	<i>Précipitations annuelles</i>	<i>Température moyenne annuelle</i>	<i>Durée de température > 10°</i>	<i>Nombre de jours de gelée</i>
Sainte-Eulalie ...	1.600 mm	5,1°	3 mois 1/2	161
Issanlas	1.300 mm	5,3°	4 mois	135
Loubaresse	2.300 mm	6,9°	4 mois 1/2	117

Nous remarquons que le caractère continental montagnard du climat se retrouve partout mais avec d'importantes variations.

La délimitation de zones climatiques est arbitraire ; elle est cependant nécessaire si l'on veut atténuer les causes de variations des rendements liées au milieu naturel. L'allure des isothermes et isohyètes d'un territoire plus vaste et les variations d'altitudes ont permis de délimiter trois zones.

L'utilisation d'un indice de relief $\frac{H_2}{S}$ utilisé par Fournier permet de

classer les zones en fonction de l'intensité des pentes. Dans un carroyage où chaque carreau a une surface S de 100 ha, soit un carré de 5 cm de côté sur la carte au 1/20.000, on mesure à l'aide des courbes de niveau la dénivellation maximum H .

En retenant trois classes : les pentes fortes, moyennes et faibles, nous avons retrouvé sensiblement les mêmes limites que celles des zones climatiques.

La considération de la carte géologique permet schématiquement de subdiviser les zones précédentes en deux, suivant l'origine volcanique ou granitique du substratum.

Nous faisons ensuite intervenir des facteurs enregistrés au niveau de la parcelle, qui permettent de différencier à l'intérieur de chacune des zones précédentes, des unités cartographiques au 1/20.000 où le terrain est homogène quant à la pente, à la profondeur du sol, à la texture en surface et à la présence des caractéristiques d'hydromorphie.

Des limites de classes ont été définies pour chacun de ces caractères : 15 % pour la pente, 25 cm pour le sol, présence de plus de 30 % de cailloux en surface (évaluée à l'aide d'une échelle photographique préétablie), enfin, présence ou absence de traces importantes d'hydromorphie.

Quatre types de terrains ont été ainsi définis :

- Des terrains T_1 à profondeur supérieure à 25 cm, à pente inférieure à 15 % et à texture fine ;
- Des terrains T_2 à profondeur inférieure à 25 cm, ou à texture grossière et à pente inférieure à 15 % ;
- Des terrains T_3 présentant un excès d'eau permanent ;
- Des terrains T_4 à pente supérieure à 15 %.

Les informations recueillies peuvent être utilisées pour l'étude des mises en valeur : en effet, la comparaison de la carte des terrains (carte B, tableau I), avec une carte d'occupation actuelle du sol (carte C, tableau II) établie à partir

de la dernière couverture de photographie aérienne, permet de connaître les surfaces susceptibles d'être mises en valeur : débroussaillage, défrichage (carte D), assainissement, boisement (carte E), etc... Il faudra juger ensuite de l'intérêt économique de ces différentes possibilités.

TABLEAU I

<i>Terrains</i>	<i>Surface</i>	<i>Pourcentage de la surface totale</i>
T ₁	9.972 ha	21,1
T ₂	3.975 ha	8,4
T ₃	2.512 ha	5,3
T ₄	30.599 ha	65,2

TABLEAU II

<i>Occupation actuelle</i>	<i>Surface</i>	<i>Pourcentage de la surface totale</i>
Cultures et prés	7.944 ha	16,8
Bois	11.983 ha	25,6
Landes	27.131 ha	57,6

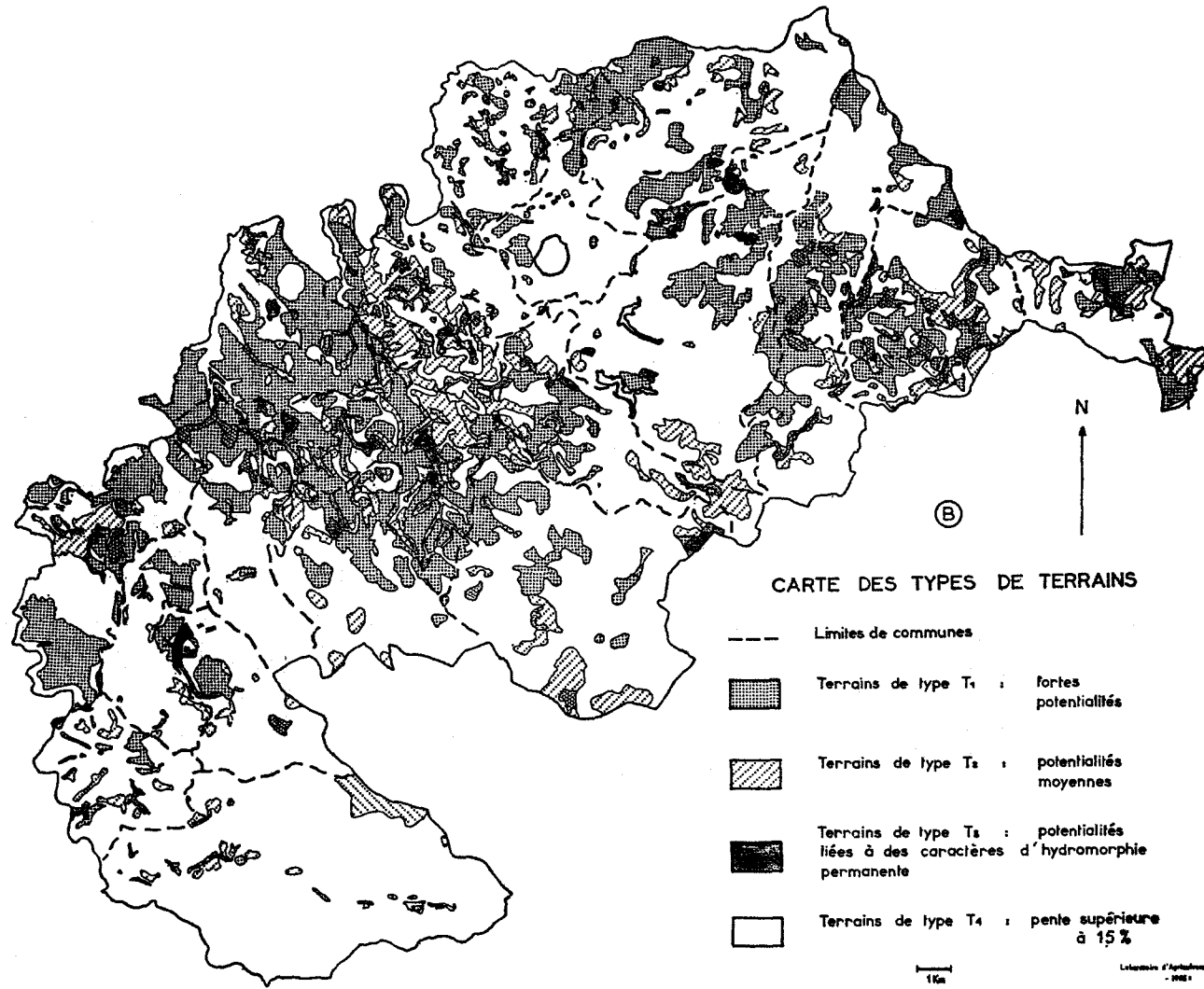
La superposition des cartes B et C montre notamment que 3.900 ha de landes (1) quasiment improductives sont situées sur des terrains T₁ : ce sont, le plus souvent, des communaux ou sectionaux ; que 4.500 ha de bois s'étendent sur des terrains T₂ et 2.600 ha sur des terrains T₃.

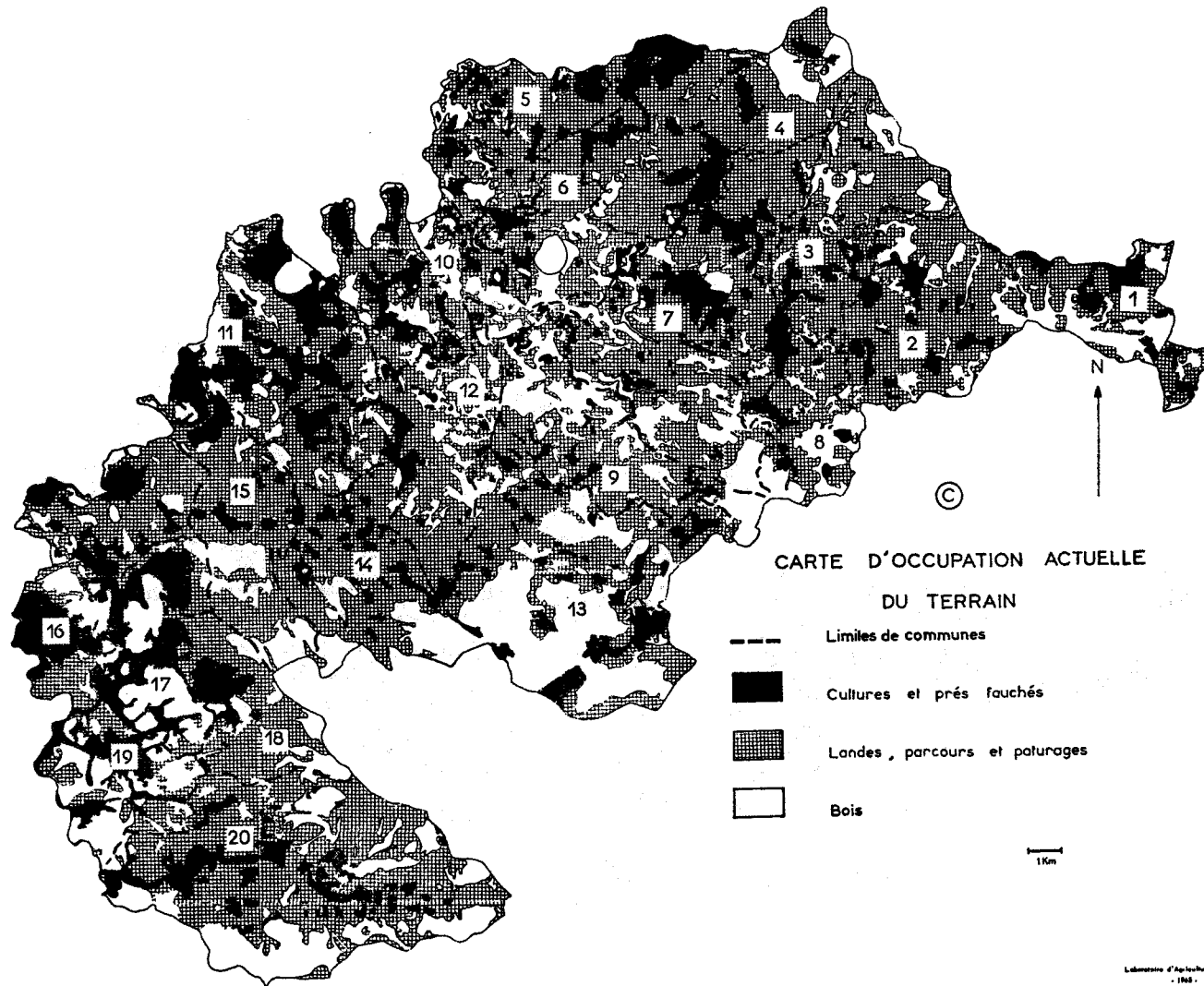
Il ressort d'autre part que 3.300 ha de cultures placées en terrains T₄ ne sont pas mécanisables, que les landes boisées (1), très peu exploitées, occupent 18.000 ha et que 21.500 ha peuvent être boisés.

Dans ces conditions, la S.A.U., qui est de 14.000 ha, peut être accrue de 54 %. Nous pouvons alors parler de surface agricole utile potentielle, la S.A.U.P., qui est de 21.600 ha.

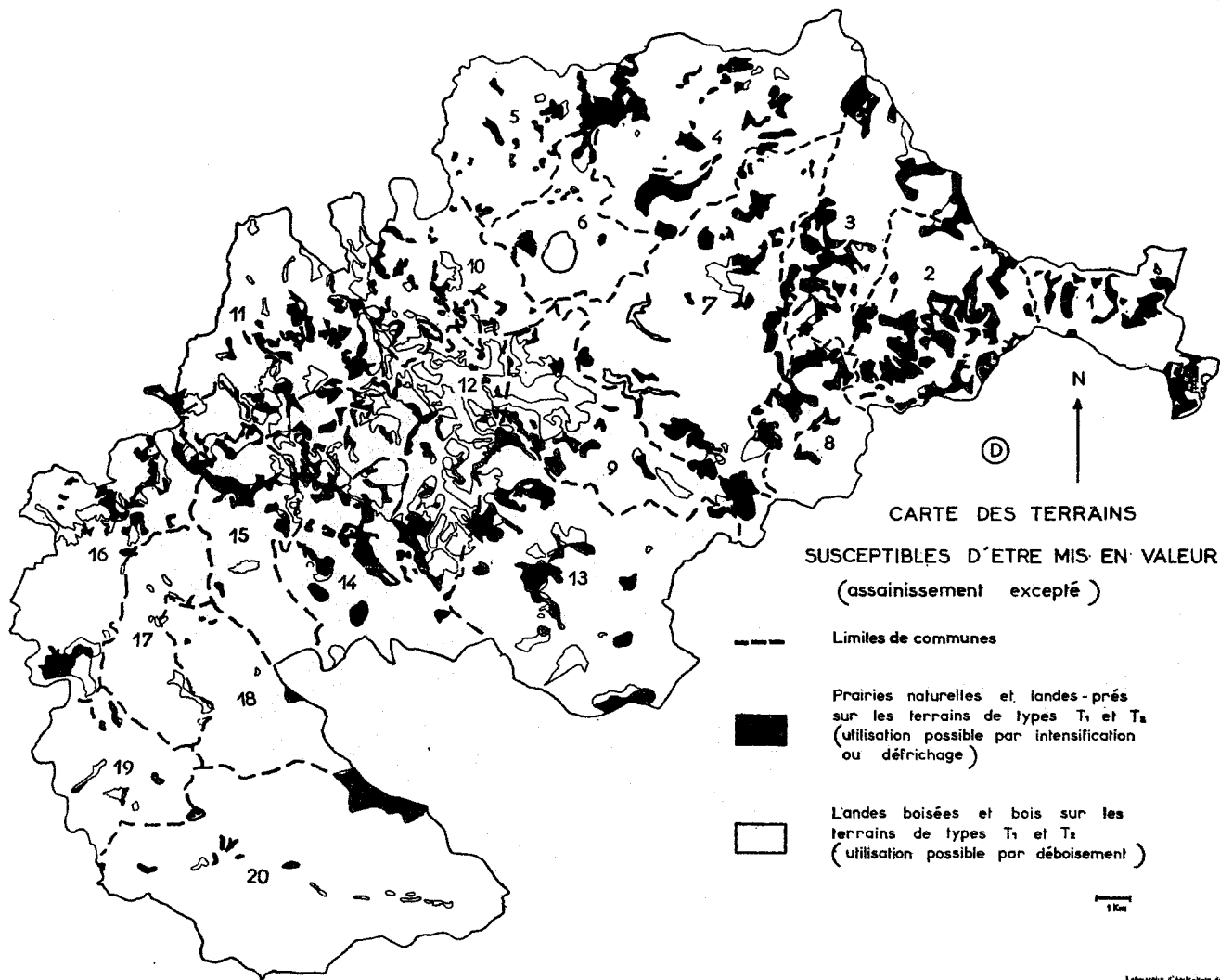
Pour aborder les problèmes d'orientation de la production d'une région ou de restructuration des exploitations, ces données devront être considérées.

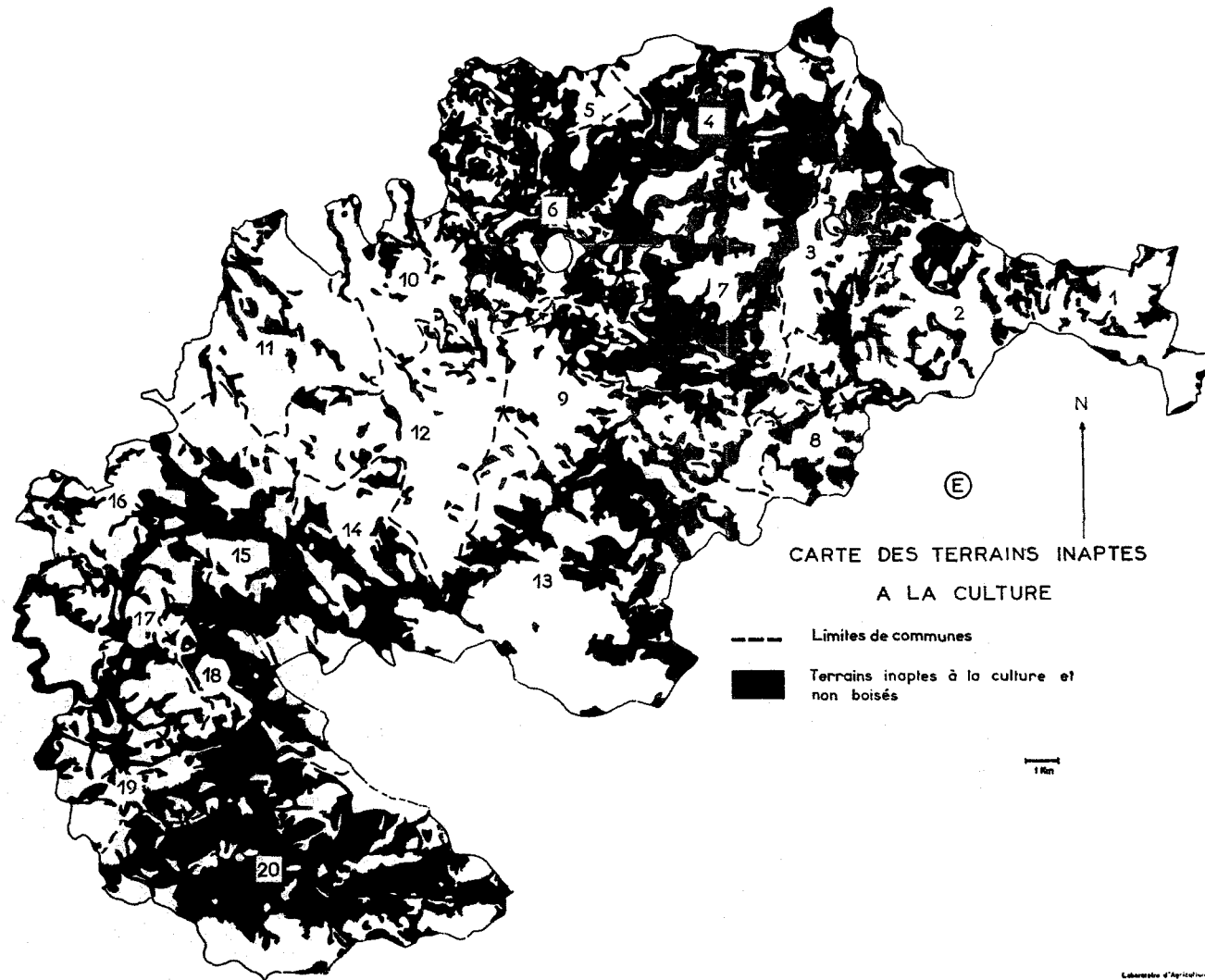
(1) Nous avons dissocié d'une part les landes, qui sont des étendues herbeuses associées à une végétation arbustive plus ou moins dense (genêts, ajoncs, bruyères, fougères) et d'autre part les landes boisées occupées par des arbres clairsemés.





Laboratoire d'Agriculture de l'INRA
- 1963 -





MESURE DES POTENTIALITES

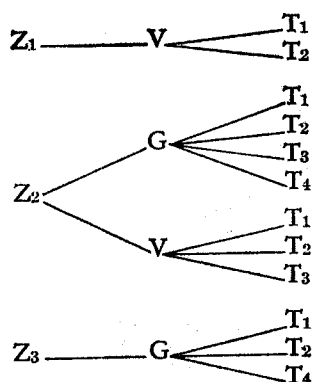
Nous avons vu que l'étude du milieu naturel permettait de définir :

3 zones climatiques : Z_1, Z_2, Z_3 ;

2 types de sous-sol : granitique (G) et volcanique (V) ;

4 types de terrains : T_1, T_2, T_3, T_4 .

Il y a donc théoriquement 24 unités différentes ; en réalité, nous n'en avons retenu que 12, les autres n'existant pas ou étant de faible étendue. Elles se répartissent ainsi :



Les mesures des potentialités des cultures ont été faites sur les unités situées sur terrains T_1 , soit $Z_1VT_1, Z_2GT_1, Z_2VT_1$ et Z_3GT_1 (1) ; celles de la production ligneuse ont été effectuées dans des unités comprenant des terrains T_1, T_2, T_3 (2).

Pour chaque culture : l'orge, le seigle, la prairie temporaire et permanente, nous avons recherché les exploitants de pointe ou de tête ayant des parcelles dans chaque unité précédemment définie et des parcelles appartenant à des exploitants moyens. [Nous avons retenu les « pointes » et les « têtes » en

(1) Un certain nombre de mesures ont été faites sur les terrains T_2 qui permettent de juger des écarts entre T_1 et T_2 .

(2) L'étude des potentialités de production ligneuse a été réalisée sous la direction de M. PARDE, du C.N.R.F. de Nancy. Elle est en voie d'achèvement.

nombre variables, et des « moyens » au nombre de 10 à 15 (1). On définit ainsi pour chaque unité une échelle composée d'une vingtaine de rendements. Pour l'orge, par exemple, les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous.]

Unités	Potentialité en q		Rendements en q	Accroissement potentiel	
	Pointes (P)	Têtes (T)	Moyens (M)	P-M (100)	T-M (100)
				M	M
Z ₁ VT ₁ } Z ₂ VT ₁ }	47	40	23	104	54
Z ₂ GT ₁ } Z ₃ GT ₂ }					
	41	35	13	215	169

Sur des sols volcaniques nous ne constatons pas de différence entre les zones climatiques Z₁ et Z₂, de même sur les sols granitiques entre Z₂ et Z₃ ; par contre, l'écart est net entre sols granitiques et volcaniques quels que soient les niveaux techniques. Enfin on remarque l'importance des accroissements potentiels, ce qui montre la très grande marge qui sépare les rendements moyens des meilleurs obtenus dans la région.

RECHERCHE DES FACTEURS DU RENDEMENT

Dans chaque unité et pour chaque culture, nous avons une fonction du type :

$$R = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

où R, le rendement, est la variable dépendante et où les variables x_i, dites indépendantes, représentent des facteurs techniques et les facteurs du milieu naturel, qu'il est difficile de considérer dans le zonage préalable parce qu'ils présentent un caractère très localisé. C'est le cas de la texture du sol, de l'hété-

(1) Il faut remarquer que l'échantillonnage à partir des exploitants n'est pas représentatif de la population d'exploitants puisque nous retrouvons tous les « pointes » et les « têtes » et quelques « moyens » pris au hasard, mais cette façon de procéder permet de mettre en évidence les écarts maximums de rendements sans que l'échantillon soit trop important.

rogénéité du profil ou de facteurs microclimatiques tels que la situation par rapport au vent, ou l'exposition.

Les variables x_i viennent de l'observation sur le terrain et de l'information obtenue auprès de l'exploitant ; elles peuvent être très nombreuses.

Une première démarche consiste à en faire un *recensement* et à les classer en variables continues et discontinues.

Pour la culture de l'orge, par exemple, la texture, les variétés, la présence ou non du déchaumage, l'utilisation ou non du semoir en ligne, de traitements antiparasitaires ou de désherbants, la forme du labour sont des variables discontinues. La date de semis, la profondeur du semis, du labour, de l'enracinement, la fertilisation sont des variables continues. Pour les cultures pérennes comme la prairie, ou les cultures fruitières, l'âge intervient comme une variable continue.

Pour les *variables discontinues* on cherchera celles qui diffèrent entre les groupes de pointe, de tête et le groupe moyen.

Par exemple, en ce qui concerne le travail du sol et pour la culture de l'orge, nous observons notamment en Z_1VT_1 et Z_2VT_1 , dans le groupe de pointe, un labour d'automne dressé, réalisé sans rasette, suivi au printemps d'un passage d'un instrument à griffe travaillant à une profondeur moyenne de 15 cm. Dans ces mêmes unités, les exploitants moyens réalisent un labour d'automne plus ou moins couché, avec rasette, repris au printemps avant le semis par un hersage qui ameublisse le sol sur 5 à 8 cm de profondeur.

Des tests de comparaison de moyennes permettent de juger de la signification des différences observées ; d'autre part, des tables de contingences dressées pour les données de fréquence permettent d'établir des liaisons entre deux facteurs.

Pour les *variables continues*, la première étape est une analyse graphique. On construit les courbes :

$$R = f(x_i)$$

Ces graphiques ne permettent généralement pas de définir la nature des relations entre les deux variables considérées ; ils peuvent cependant déceler une tendance. Il est également possible sur ces graphiques de repérer les points particuliers qu'il peut être utile d'étudier d'une façon approfondie. Ils permettent enfin de suggérer une transformation ou un ajustement.

Si l'on considère l'exemple de la culture de l'orge, ces graphiques montrent notamment que la variation du rendement R avec le nombre d'épis par m_2 se

traduit par une courbe présentant un maximum pour 700 épis par m², ce qui est nettement plus élevé que les densités préconisées en zone de plaine. Nous constatons d'autre part que dans les sols volcaniques le rendement croît dans le même sens que la profondeur du labour qui varie de 15 à 30 cm et que pour les mêmes doses croissantes d'azote, la courbe des rendements sur sol volcanique présente un maximum, alors que, sur sols granitiques, ils croissent linéairement.

L'exemple suivant permet de juger de l'intérêt que peut présenter de tels graphiques. Le graphique I a pour but de juger de la relation entre les rendements en orge et la perte à la levée, que nous avons définie par le rapport :

$$\frac{\text{Nombre de grains semés/m}^2 - \text{Nombre de pieds/m}^2}{\text{Nombre de grains semés/m}^2} \times 100$$

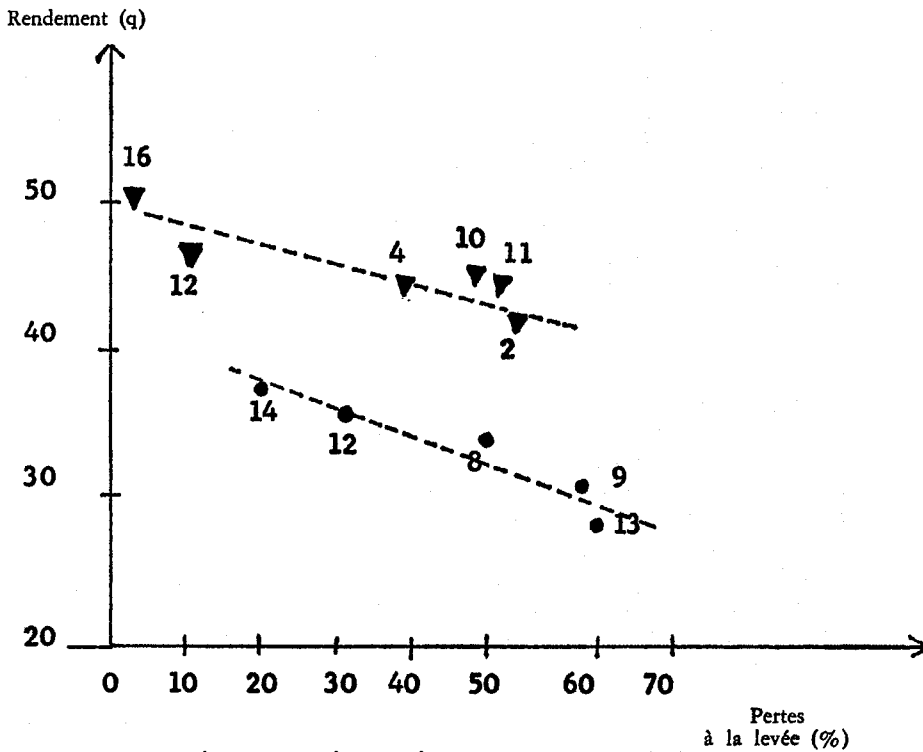
Nous remarquons que la parcelle 16 a une position exceptionnelle avec un fort rendement et une très faible perte. Il est intéressant pour ce cas d'analyser, notamment, en détail, le type de semence, les techniques de préparation du sol, de semis et d'entretien pour isoler le ou les facteurs techniques permettant d'expliquer le résultat enregistré.

Nous constatons d'autre part, qu'à perte égale, les rendements en terrains volcaniques sont supérieurs à ceux obtenus sur terrains granitiques, que les rendements décroissent lorsque la perte augmente dans les deux cas. Dans le premier cas, les pertes varient entre 3 % et 53 % avec une moyenne de 32 % ; dans le second type de terrain, les pertes sont supérieures puisqu'elles s'échelonnent de 20 % à 65 % avec une moyenne de 48 %.

Il est alors utile d'étudier les parcelles correspondant aux points extrêmes de chacune des deux populations « granitique » et « volcanique », et chercher par quels facteurs techniques elles diffèrent. Nous avons notamment remarqué que les exploitants des parcelles 9 et 13 n'utilisent pas de culti-packer.

Si les variables x_1 sont *indépendantes* entre elles, le graphique $R = f(x_1)$ représente la variation de x_1 comme si x_1 variait seul. L'utilisation des graphiques et des régressions simples $R = f(x_1)$ montre dans ce cas, sans risque de biais, la liaison entre R et x_1 .

Si les variables sont *dépendantes*, ce qui est le cas le plus fréquent, la considération des graphiques $R = f(x_1)$ est insuffisante ; en effet, certaines relations peuvent être masquées ou d'autres, au contraire, apparaître qui n'existent pas. Dans ce cas, nous avons recours au calcul de régression multiple.



Graphique I : Rendements de l'orge et pertes à la levée :

- parcelles sur terrain granitique,
- ▼ parcelles sur terrain volcanique.

Ce calcul permet d'établir une équation du type :

$$R = A + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_1x_1 + \dots + a_nx_n$$

qui représente la meilleure évaluation du rendement R à partir des variables x_i . Le calcul tient compte, pour les évaluations des coefficients de régression, des liaisons entre variables x_i . Seules, subsistent dans l'équation, les variables x_i qui apparaissent significatives à la suite de l'analyse de variance progressive.

Si l'on est assuré de la liaison entre les variables retenues et le rendement, pour celles qui ont été éliminées il y a une alternative : elles n'interviennent

Facteurs techniques et

pas sur R ou elles interviennent sur R par l'intermédiaire d'une autre variable. Pour lever cette indétermination, il sera utile de considérer la matrice des corrélations partielles qui est fournie par le calcul et qui donne une indication sur les liaisons entre variables prises deux à deux.

Cette méthode permet d'indiquer la part qui revient à chaque variable x_i dans la variation du rendement R et répond ainsi, parfois imparfaitement cependant, à la recherche d'une hiérarchisation des variables (1).

INTERETS ET LIMITES DE LA METHODE

A la suite de cet exposé schématique de la méthode il est nécessaire de faire quelques remarques.

Il est très probable que les « pointes » n'ont pas révélé toutes les potentialités du milieu ; les observations faites au cours de l'étude permettent de préciser les points sur lesquels il serait judicieux de faire porter les prochains efforts d'expérimentation assurant l'accroissement des rendements des exploitants de pointe.

Les mesures ne pouvant se faire que sur les cultures existantes, on peut se demander si la gamme des cultures actuellement pratiquées est la seule possible. En réalité, l'étude du milieu naturel par laquelle commence cette recherche des facteurs du rendement permet de se faire une première opinion sur les possibilités d'introduction de telle ou telle culture nouvelle.

D'autre part, nous avons considéré les potentialités pour chaque culture ; il serait intéressant dans un milieu donné d'envisager les potentialités des différentes combinaisons possibles des cultures entre elles, c'est-à-dire des rotations.

Ces études se poursuivent au cours d'une année, parfois deux, mais il est difficile d'envisager d'obtenir des références pour de nombreuses années. Les résultats obtenus ne risquent-ils pas alors de traduire les caractéristiques d'une

(1) Ces méthodes de dépouillement font actuellement l'objet d'études en relation avec M. GRAS, du Laboratoire des sols, et M. ARNOUX, du service biométrique, à Versailles.

année particulière et non celles d'une année moyenne ? Le risque existe sans aucun doute ; il peut cependant être limité par l'étude climatique d'une série chronologique d'années suffisamment importante qui permet de situer l'année d'étude par rapport à l'année normale. L'année normale étant déterminée par la valeur moyenne des facteurs climatiques limitants pour chaque culture.

Les différentes études entreprises jusqu'à maintenant sur des surfaces très différentes (de la commune au département) montrent que, dans notre pays, une étendue correspondant à la petite région agricole I.N.S.E.E., c'est-à-dire environ 70 communes, est particulièrement adaptée à ce mode d'approche.

Enfin, la méthode s'appuyant sur les différents rendements obtenus au moment de l'enquête, est-elle utilisable dans une région où les écarts de rendement sont très faibles, par suite d'une homogénéisation à un haut ou bas niveau ? Dans notre pays cet écart existe toujours. Il est plus ou moins important. Il l'est particulièrement dans les régions d'agriculture en voie d'évolution rapide, ce qui est fréquemment le cas des zones montagneuses ; l'expérimentation sera d'autant plus rapidement nécessaire que cet écart sera faible. Dans les pays d'Afrique noire, au Sénégal par exemple, les écarts sont souvent négligeables et la détermination des potentialités pourra difficilement être envisagée par voie d'enquête.

La méthode présentée consiste en une *étude du milieu naturel, associée à une enquête technique*. Elle a pour but de préciser, dans des zones suffisamment homogènes, des potentialités par production et les techniques qui permettent de les révéler.

Cette approche ne sera très souvent qu'une étape préalable à un programme d'expérimentation. Les résultats permettent de définir les thèmes à considérer par priorité et facilitent le choix des emplacements expérimentaux. Ils peuvent également présenter un intérêt pour préciser les limites de la zone dans laquelle ils ont de grandes chances de pouvoir s'appliquer. Les références obtenues sont d'autant plus intéressantes que l'expérimentation est peu développée.

Enfin les informations qui découlent de l'étude peuvent servir de base, très insuffisante il est vrai, pour envisager les problèmes plus globaux posés par l'orientation, l'aménagement et le développement régional.

J.-P. DEFFONTAINES,
S.E.I., Versailles.

*Facteurs techniques et
production végétale*