

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS GASES DE
LAS MANIFESTACIONES GEOTERMICAS DE
CATALUNA



00719

R A P P O R T

ETUDE PRELIMINAIRE DES GAZ GEOTHERMIQUES
DANS LE GRABEN DU VALLES,
LA DEPRESSION DE LA SELVA,
LE GABARRES, LE MASSIF VOLCANIQUE D'OLOT
ET LES PYRENEES ORIENTALES,

(ESPAGNE - CATALOGNE)

PAR

FRANCO TONANI

PREPARE POUR
COMPANIA GENERAL DE SONDEOS
MADRID - ESPAGNE

ARGENTEUIL,
LE 18 JUIN 1980

I - INTRODUCTION :

Ce rapport n'est, dans l'essentiel, qu'un bref document de présentation des résultats d'analyse des gaz. Il ne faut pas y chercher des conclusions de nature telle à fournir la clef des problèmes d'exploration géothermique, ni une description très détaillée des occurrences de gaz et des résultats d'analyse.

Les buts de l'étude étaient en effet très modestes. Il s'agissait d'obtenir au plus tôt les toutes premières informations sur la nature des occurrences des gaz les plus voyantes tout au long d'une vaste région, en fait de trois régions géologiques : le Valles, la Selva et le Gabarres, enfin les Pyrénées.

Pour cette fin, une mission relativement rapide a été effectuée. Les techniques et l'appareillage employés ont été les mêmes que ceux qui permettraient, dans d'autres conditions, des levés systématiques de très nombreux points, un peu dans le genre des levés propres à la prospection géochimique. Ces techniques et appareillages ont été mis au point précisément dans le but d'atteindre, pour les gaz, le type de "mass production" de données géochimiques qui ont rendu possible l'étude à grande échelle des eaux, des systèmes géothermiques, au lieu de la seule étude des manifestations les plus importantes.

Au cours de ce travail, ces méthodes ont donc été utilisées dans un but différent, à savoir de l'étude préliminaire rapide des manifestations majeures, sur une région relativement vaste. Il n'est donc pas question d'une interprétation très approfondie. Le résultat de cette étude est d'avoir ramené l'état des connaissances sur les régions envisagées, dont la nature des émissions de gaz était presque tout à fait inconnue, au niveau de la connaissance scientifique générale.

Les résultats obtenus sont comparables à ce que l'on peut savoir déjà, avant l'exploration dans des régions de manifestations thermales ou de volcanisme "classique", c'est-à-dire les données qui, pour une raison ou pour une autre auraient attiré l'attention des spécialistes avant même l'étude du développement des ressources géothermiques.

II - CLASSIFICATION :

La figure 1 montre une représentation triangulaire des teneurs en acide carbonique, oxygène et azote.

Notre échantillon (statistique) consiste en deux groupes d'échantillons de gaz très nettement séparés :

1. gaz carbonique
2. gaz à base d'azote

Des mélanges de chaque type avec de l'oxygène (donc de l'air), se présentent dans chaque cas.

Dans le cas de mélanges azote-air, la connaissance du rapport azote/oxygène ne peut pas nous aider, puisque ce rapport se trouve affecté par le procédé de mélange lui-même.

Pour le gaz carbonique, au contraire, l'azote provenant de l'air seulement, il est possible de constater un certain excès d'oxygène.

Cet excès d'oxygène indique que l'air de ces échantillons a été extrait de l'eau, sans qu'un équilibre puisse s'établir. Cet air dissout garde en effet sa composition, à savoir son excès d'oxygène. Celui-ci caractérise l'air dissout dans l'eau, en équilibre, lui, avec l'atmosphère extérieure.

Il y a cependant une faible possibilité pour qu'il s'agisse d'un effet analytique. Certains tubes pourraient laisser diffuser de l'oxygène de l'extérieur au cours de leur entreposage, avant l'analyse. Pour toute garantie, des contrôles sont en cours sur ce matériel.

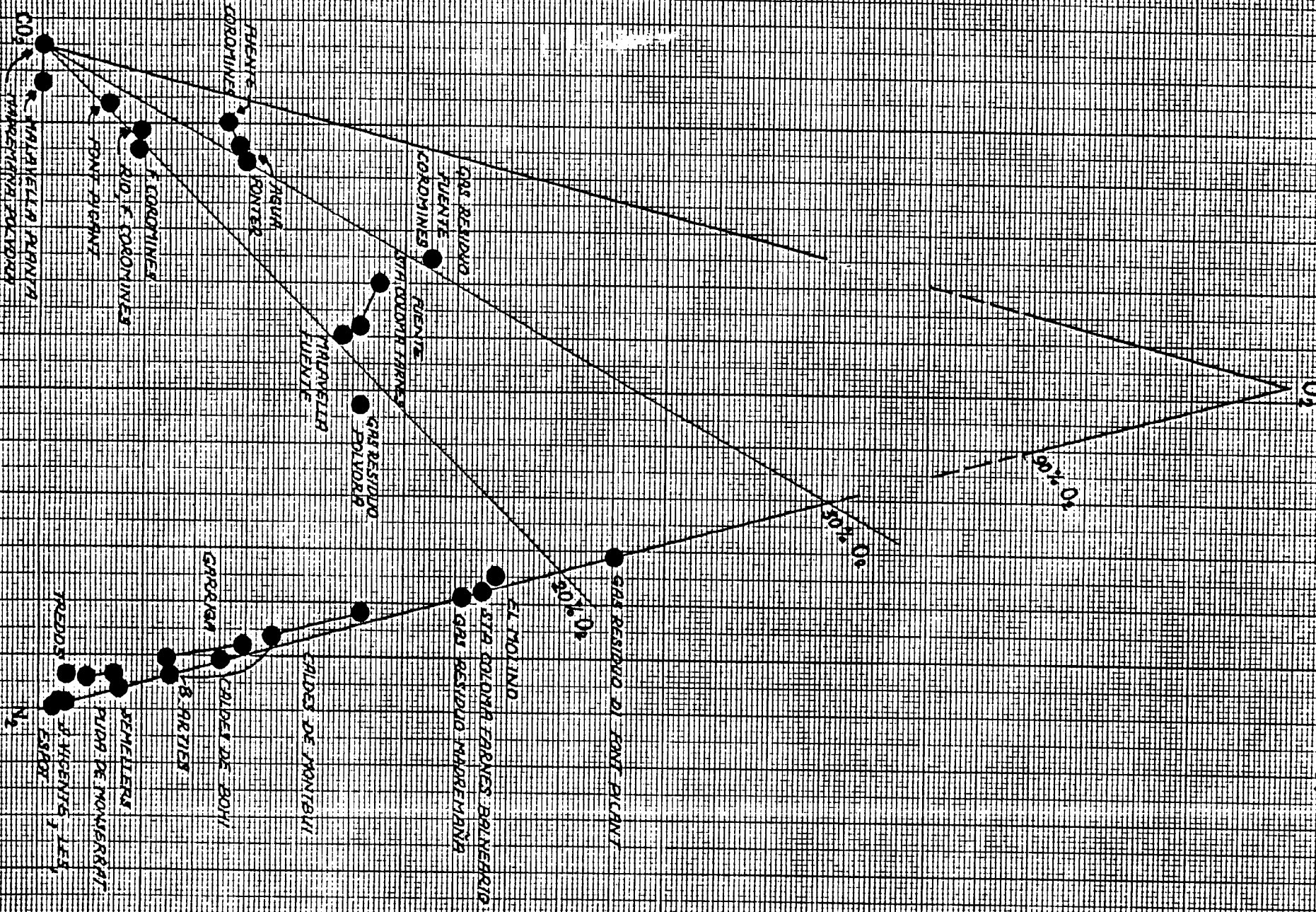


FIG. 1

III - ANALYSE DES CORRELATIONS ENTRE GAZ DIVERS :

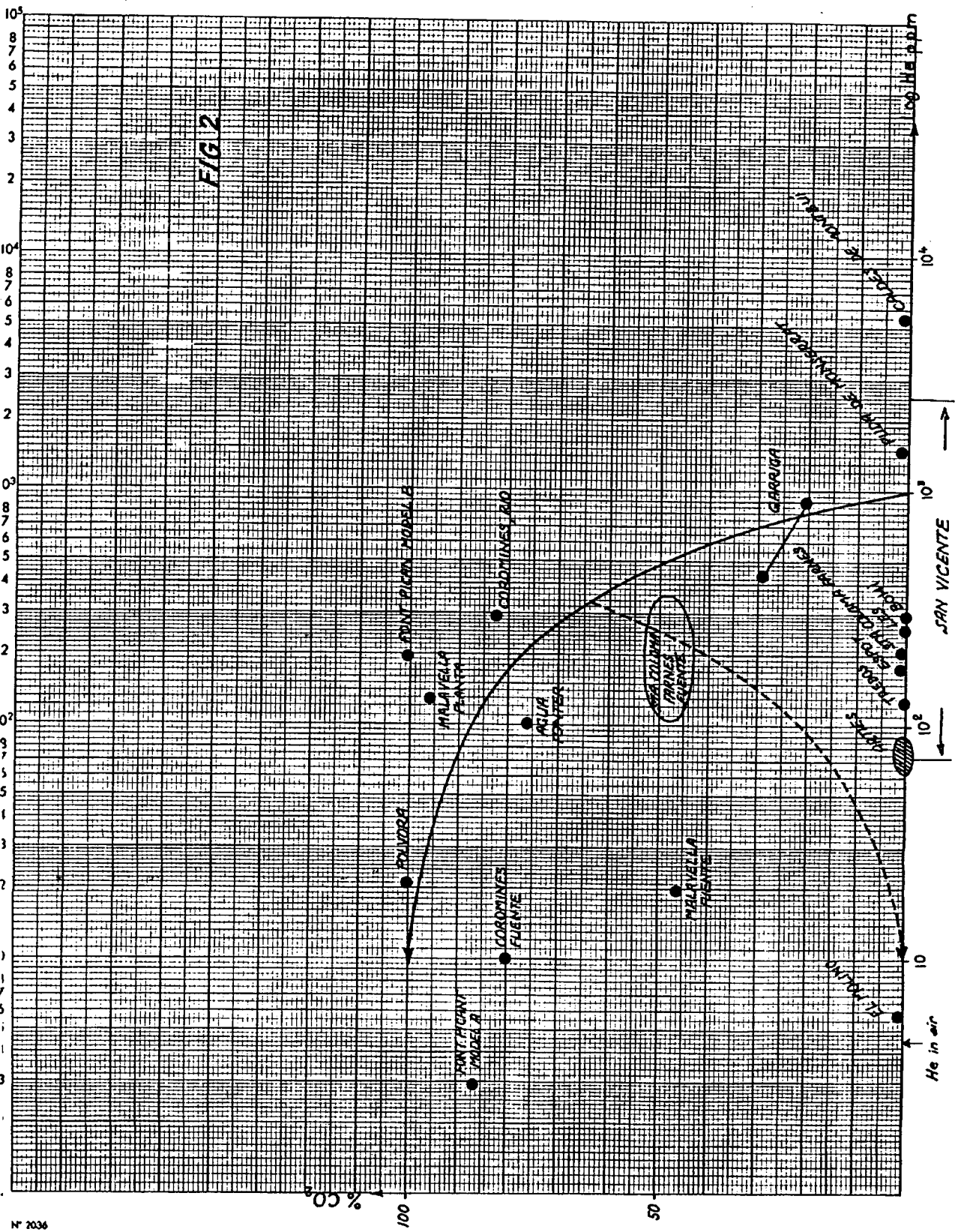
A - HELIUM :

De façon générale, la concentration d'hélium est sensée se trouver en rapport avec la vitesse de dégazage. La production d'hélium dans les roches de chaque système étant constante (en fait, changeant très lentement au cours des époques géologiques), sa concentration dans les gaz est inversement proportionnelle à leur masse totale, donc à l'intensité de production de gaz dans la région.

En cas d'échantillonnages très dispersés, il faut compter toutefois avec des processus multiples qui affectent aussi la concentration d'hélium, par exemple et d'abord, la propre production d'hélium dans les roches. Celle-ci dépend de la concentration d'éléments radioactifs, ainsi que du pouvoir d'émanation des roches. Dans notre cas actuel, l'on avait considéré que des mesures de radon pourraient peut-être fournir des estimations du pouvoir d'émanation. Cependant, il y avait risque que, faute d'un échantillonnage suffisant à l'échelon local, ces données ne donnent pas les réponses escomptées ; l'on a donc décidé de ne pas mobiliser l'équipement de détermination du radon, et de ne pas alourdir outre mesure la mission toute entière.

La figure 2 montre que la production d'acide carbonique a bien l'air de produire un effet de dilution sur l'hélium. Cet effet est bien moindre dans les gaz d'azote, et en fait, il n'est pas perçu au niveau de cet échantillonnage sommaire.

Deux courbes montrent en figure 2, l'une comment se présenterait idéalement la corrélation produite dans un système de dégazage (comme gaz carbonique), et l'autre l'effet de dilution par un troisième gaz.



Ce rôle serait joué, dans notre cas actuel, soit par l'air entraîné par le courant gazeux en cours de chemin, soit par l'échange avec l'atmosphère une fois qu'il se trouve à la surface. Seul ce dernier cas se trouve démontré par des déviations considérables, voir les points de la Fuente de Malavella ainsi que de El Molino. Il serait absolument prématuré que de prétendre interpréter à ce niveau les déviations de la corrélation observée par rapport à la corrélation idéale.

B - METHANE ET HYDROGENE :

Il n'y a pas de corrélation entre ces deux gaz au sein de l'échantillon (statistique) obtenu par cette étude. Nous pouvons cependant étudier les traces, au sein de cet échantillon statistique, de corrélations dont nous savons qu'elles existent, mais qu'on ne saurait pas prouver au niveau actuel de l'étude. Ces corrélations vont se manifester très probablement dans des échantillons plus développés, à l'échelon de l'étude détaillée de chaque "système" naturel.

Un diagramme bilogarithmique des teneurs de méthane et hydrogène nous apprend cependant un certain nombre de choses.

En premier lieu, les travaux futurs en géochimie des gaz doivent prévoir, en principe, soit une limite de détection plus basse, soit l'équipement de terrain permettant de séparer les gaz résiduels sans les contaminer par l'air. Une troisième possibilité, à savoir récolter des échantillons de grand volume, n'est pas considérée, car elle n'est pas efficace. La deuxième possibilité (équipement de terrain pour séparer le gaz carbonique) nous paraît la meilleure, la première (augmentation de la sensibilité) étant idéale peut-être, mais ne se trouvant pas précisément aisée à mettre au point.

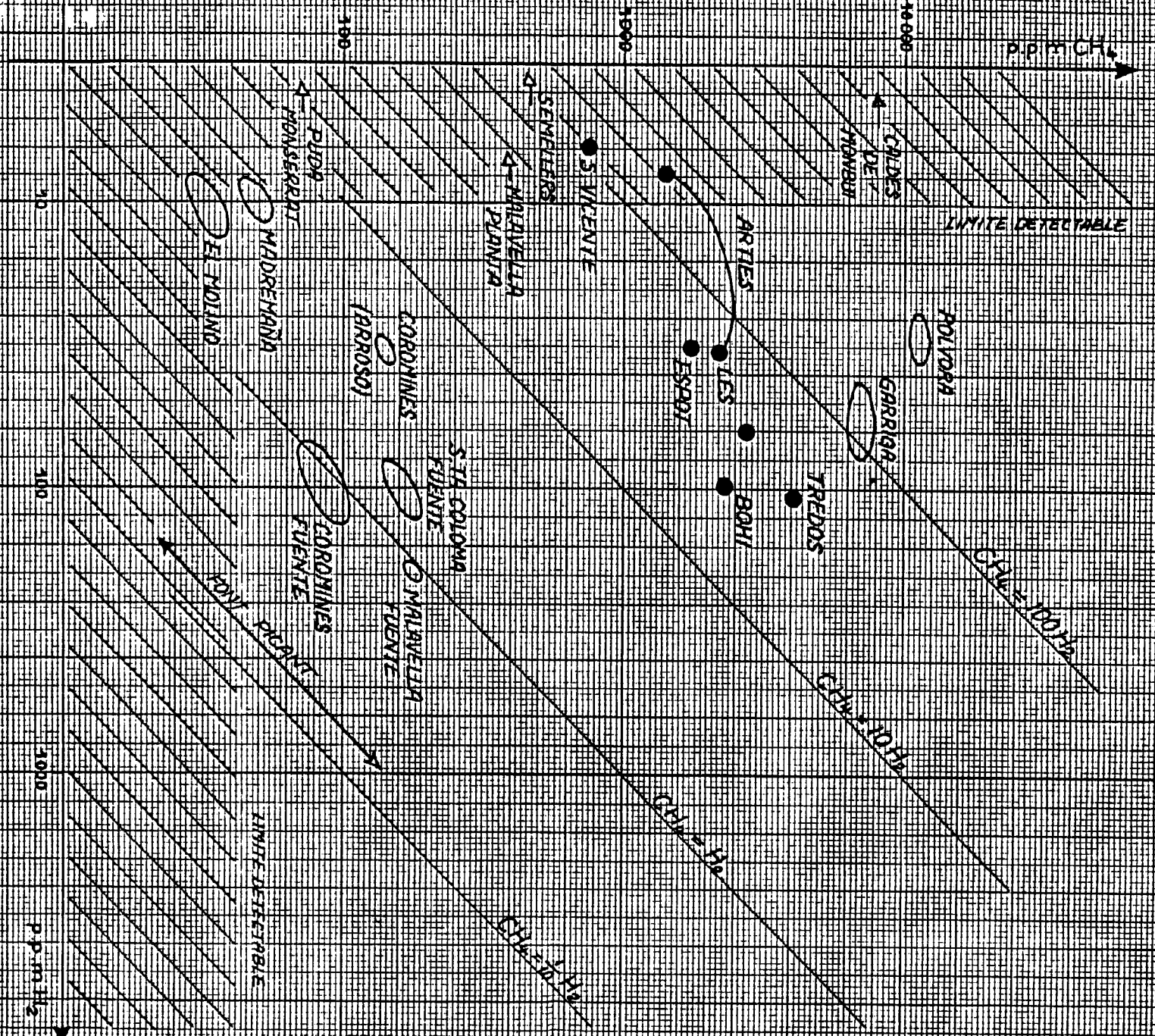


FIG. 3

Nos résultats montrent d'abord un aspect de la classification déjà vue au premier chapitre. Les gaz azotés sont beaucoup plus riches en méthane qu'en hydrogène, relativement à notre échantillon statistique.

L'on voit cependant qu'au sein de chaque groupe, méthane et hydrogène se trouvent liés par une certaine corrélation. Celle-ci est probablement le fait de quantités diverses d'air extrait des eaux, (du moins en partie et du moins pour les gaz carbonés.

Il n'est pas tout à fait évident que ce soit aussi le cas avec les gaz azotés. Seule une étude à l'échelon local pourrait permettre par ailleurs de confirmer d'abord, et d'analyser ensuite une telle corrélation entre méthane et hydrogène.

A l'heure actuelle, seulement des considérations très générales peuvent être offertes.

Les indices qualitatifs de température seraient plus favorables, en fait mieux lisibles, dans l'échantillon (statistique) de gaz de la Selva et du Valles. J'ai tellement insisté dans le passé sur les dangers et les limitations de ce type de propositions, en rapport aux soi-disant "géothermomètres" hydro-géochimiques, que je me passe de les discuter encore une fois ici.

Il en reste que les gaz azotés ainsi que le méthane (et plus encore le pétrole) se forment généralement sous des conditions de température sensées être plus faibles. L'anhydride carbonique elle-même, toujours au niveau de l'ensemble des procédés ayant lieu sur toute la planète, et en profondeur, se trouve plutôt formée par le métamorphisme des calcaires. Encore que la quantité de méthane par rapport au pétrole, et la quantité d'hydrogène par

rapport au méthane, augmentent de plus en plus avec l'augmentation de la température, surtout si cela se passe dans un milieu assujetti à de relativement faibles pressions.

Nous pouvons donc interpréter dans ce sens, et avec toutes les précautions demandées par ce type d'augmentation, les deux familles de gaz comme se référant à deux milieux naturels, dont l'un aurait une température plus faible que l'autre.

CONCLUSIONS :

L'étude sommaire des manifestations gazeuses des régions du Valles, de la Selva, et de Gabarres, ainsi que de la région pyrénéenne, a permis d'y reconnaître deux types de gaz, classiques au demeurant : un gaz consistant surtout en azote et un gaz carbonique.

Ces deux gaz, de toute évidence, ont été prélevés au coeur des domaines de formations respectifs, puisqu'aucun échantillon ne montre la plus faible trace de mélange entre eux.

A l'échelon de cette étude, on ne saurait affirmer que des mélanges ne se forment pas où ces domaines se toucheraient ; la question, s'il s'agit de domaines physico-chimiques géologiquement séparés ou, en fait, ouverts l'un sur l'autre, ne peut trouver de réponse qu'à l'échelon d'études beaucoup plus détaillées.

Les gaz azotés sont plus riches en hélium et en méthane que les gaz carboniques.

La production de ces derniers s'associe à une dilution de l'hélium, qui témoigne d'un dégazage plus actif, dans les régions où ces gaz carboniques dominent. La production d'azote dont d'autres échantillons sont les témoins, au Valles et dans les Pyrénées, ne paraît pas au contraire s'associer à une production de gaz, à savoir à un dégazage aussi intense. L'hélium n'y paraît pas en effet, aussi dilué que dans les gaz carboniques, voire même peut-être pas spécialement dilué par rapport à des conditions très fréquemment observées à la surface de la terre.

En général, des gaz d'azote et du pétrole sont censés se former au cours des étapes de faible température et précoces de la kérogénèse. Par rapport au méthane, l'hydrogène se formerait à des températures relativement beaucoup plus élevées. En profondeur, à savoir hors de

l'influence majeure des processus biologiques de surface, le dégagement de gaz carbonique est généralement associé au métamorphisme, voire au volcanisme. De là à proposer des évaluations de température, il y a un pas assez long pour que nous ne voulions pas le franchir au stade actuel. Une telle étape n'est faisable qu'à l'échelon d'études qui permettraient de déterminer, outre les équations de réaction chimique, les équations de contrainte de chaque système. Sans ces dernières, les corrélations entre composition chimique des gaz et température restent, au mieux, qualitatives.

ANALYSES DE GAZ.

ESPAGNE - CATALOGNE

Graben du Valles
(Catalogne)

GARRIGA

CO ₂	.25	+ -	0.05
N ₂	92.	+ -	2.
O ₂	6.6	+ -	1.6
CH ₄	.72	+ -	.11
H ₂	.002	-	.007
He	.04	-	.09

CO₂ campo

OTROS

Graben du Valles
(Catalogne)

CALDES DE MONTBUI

CO ₂	.15
N ₂	88.5 +- 2.
O ₂	10. +- 2.2
CH ₄	.67 +- .07
H ₂	.0006 or less
He	.54 +- .02
CO ₂ campo	.12
OTROS	

Graben du Valles
(Catalogne)

PUDA DE MONSERRAT

CO ₂	1.7
N ₂	95.6
O ₂	2.3
CH ₄	.070
H ₂	.0007 or less
He	.15
CO ₂ campo	.3
OTROS	

Dépression de La Selva
(Catalogne)

MALAVELLA

	planta	planta corregido	fuente
	-----	-----	-----
CO ₂	95.6	96.3	46.
N ₂	4.3	3.7	42.
O ₂	.15	-	11.8
CH ₄	.035	.035	.019
H ₂	1t .0006	1t.0006	.018
He	.013	.013	.002
CO ₂ campo		96.3	98. (°)

(°) El aire en la muestra procede probablemente de algún error de la manipulación, o sea en el campo o sea en el laboratorio.

Dépression de La Selva
(Catalogne)

FONT PICANT

	análisis directa de gas entero	gas resid.	model A	model B
CO ₂	87.2	1t .02	87.2	99.3
N ₂	10.	77.9	10.	-
O ₂	2.7	22.	2.7	-
CH ₄	1t .004	.012	.012	.11
H ₂	.0005	.061	.06	.57
He	-	.0025	.0029	.018
CO ₂			99.3	
OTROS				

Como talvez la muestra de gaz entero resultó contaminada por aire banalmente, no esta posible proponer una composición absolutamente cierta. Model A : el aire en la muestra de gas entero no es debido a contaminación banal sino esta una parte real del gas (esto model es contradicho por la determinación de CO₂ en el campo). Model B : todo el aire observado en la muestra de gas entero resulta de contaminación banal y no debe ser considerado parte del gas. Probablemente el gas realmente entre 0 y 0.5 % volúmico de aire.

Dépression de La Selva
(Catalogne)

COROMINES

	<u>fuelle</u>		<u>arroyo</u>
CO ₂	76.	81.	83.4
N ₂	16.	12.	13.
O ₂	7.8	7.3	3.6
CH ₄	.012		.013
H ₂	.011		.003
He	.005		.028
CO ₂ campo		ca. 99.5	97.3
OTROS			

Dépression de La Selva
(Catalogne)

Sta COLOMA DE FARNES

	<u>fuelle (°)</u>		<u>balneario</u>	
CO ₂	45.	- 51.	.04	- .26
N ₂	43.	- 36.	84.	83.
O ₂	12.	- 13.	16.	17.
CH ₄	.04	- .01	1t.007	
H ₂	.01		1t.0008	.0047
He	.03	- .01	.02	
CO ₂ campo				.75
OTROS				

(°) El primero dato representa una muestra que acercó del equilibrio, el secundo representa gas estraído del agua sin preocuparse de acercar el equilibrio.

Massif de Gabarres
(Catalogne)

MADREMANA

	<u>gas resid.</u>	<u>calculado°</u>
CO ₂	.039	99.8
N ₂	83.7	.15
O ₂	16.2	-
CH ₄	.052	.0003
H ₂	.010	.00006
He	.016	.0001
CO ₂ campo		99.8
OTROS		

° Basando sobre considerar el oxígeno en el gas residuo totalmente debido a aire banal, contaminando la muestra.

Massif de Gabarres
(Catalogne)

PLANTA, fuente de la POLVORA

	<u>gas residual</u>	<u>gas total</u>	<u>calculado°</u>
CO ₂	32.6	99.06	99.7
N ₂	53.8	.83	.28
O ₂	12.6	.15	-
CH ₄	.98	.019	.023
H ₂	ca. .003	.0005	.00007
He	.11	.0022	.0026
CO ₂ campo	99.67		
OTROS			

° Suponiendo que el oxígeno proceda de contaminación banal por aire se encuentra precisamente en porcentaje observado de CO₂. Sin embargo la diferencia entre 99.06 y 99.67 es menor de los errores de muestreo y análisis.

Massif Volcanique d'Olot
et Dépression de La Selva
(bordure)

(Catalogne)

AGUA FONTER

CO ₂	75.	
N ₂	17. (°)	
O ₂	8.	
CH ₄	.06	- .1
H ₂	.001	- .002
He	.009	- .01 (°°)
CO ₂ campo		98.4 (°)
OTROS		

(°) Una contaminación ocurrió por una junta que no se encuentra estanca en el campo. Sin embargo, la composición del aire no corresponde.

(°°) Dos medidas más se obtuvieron por otras aliquotas : .0049 y .0054 % vol. He.
En la primera de estas aliquotas también se determinaron N₂ 10. %, O₂ 4.4, CH₄ .034 y H₂ .0006.

EL MOLINO

CO ₂	1.	-	.8
N ₂		81.	
O ₂		18.	
CH ₄	1t	.005	
H ₂		.0006	.0016
He		.0006	

CO₂ campo

OTROS

MANANTIAL LOS SEMELLERS

CO ₂	.075
N ₂	97.0
O ₂	3.0
CH ₄	.035
H ₂	1t .0005
Hè	.005

CO₂ campo

OTROS

SAN VICENTE

CO ₂	.3	a	.02	
N ₂	gt 98.			Lecturas perdidas, fuera de escala
O ₂	1.2	a	2.7	
CH ₄	.07			
H ₂	.0006			
He	.2	a	.007 (°)	
CO ₂ campo				
OTROS				

(°) Hay discordancia entre las analisis de dos aliquotas

FUENTE DEL ESPOT

CO ₂	.38
N ₂	99.3
O ₂	.72
CH ₄	.12
H ₂	.003
He	.017

CO₂ campo

OTROS

H₂S disuelto 5×10^{-6} Moles/litro ;
a pH 9, corresponde a 0.0001 % vol.
en la fase gaseosa a una atmosfera

CALDAS DE BOHI, LA "ESTUFA"

CO ₂	.4
N ₂	92.5
O ₂	7.2
CH ₄	.15
H ₂	.012
He	.03

CO₂ campo

OTROS

H₂S disuelto 18×10^{-6} Moles/litro,
determinado el 22-11 es decir días pues
el muestreo, un 30-50 % podría haber sido
oxidado.

BANOS DE ARTIES

	50	53	
	—	—	
CO ₂	.5	.08	
N ₂	90.8	95.3	Observaciones de campo : el aliquota 53 contenía uno 5 % de gas libre, que talves era nitrogen casi puro.
O ₂	8.8	4.5	
CH ₄	.22	.14	
H ₂	.0055	.0006	
He	.0096	.0060	
CO ₂ campo			
OTROS	H ₂ S disuelto 9.6×10^{-6} Moles/litro		

FUENTE DE LES, TUNNEL

CO₂ .35

N₂ 99.

O₂ .6

CH₄ .21

H₂ .004

He .027

CO₂ campo

OTROS H₂S disuelto 2.4×10^{-8} Moles/litro

BANOS DE TREDOS

CO₂ .08

N₂ 95.5

O₂ 1.2

CH₄ .36

H₂ .01

He .013

CO₂ campo

OTROS H₂S disuelto 8×10^{-8} Moles/litro