

Effet des conditions de conservation sur la qualité des produits alimentaires surgelés : cas du steak haché

ANNEXES

Ngamtip POOVARODOM

Thèse présentée pour l'obtention du grade
de docteur de l'Université de Technologie de Compiègne
Spécialité : Génie des procédés industriels

Soutenance : le 4 décembre 1989

Devant le jury composé de :

M. Henri CHAVERON	Président
M. Jean-Marie BOUVIER	Examineur
M. Henri GIBERT	Examineur
M. François BILLIARD	Examineur

A N N E X E I

ANALYSE SENSORIELLE

I.1. Cas de la conservation à -10 °C

Tableau I.1.2 Analyse de la variance de la variance des notes pour chaque séance de l'analyse sensorielle

SEANCE	1	2	3	4
SEMAINES	3	6	9	12

CARACTERISTIQUES	ODEUR	GOÛT	RANCE
Facteurs			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	*	ns
Conditionnement (C)	**	**	**
Temps (T)	ns	**	**
Interactions			
D x A	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
D x T	ns	*	ns
A x C	ns	ns	ns
A x T	ns	ns	ns
C x T	**	ns	**

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

ODEUR	1	2	3	4
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	**	ns	**
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns
GOÛT				
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	*	ns
Conditionnement (C)	**	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns
RANCE				
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	*	ns
Conditionnement (C)	**	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns

Tableau I.1.3 Moyenne, écart-type et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DE L'AMPLITUDE DE VARIATION DE LA TEMPERATURE

Caractéristiques	Semaines	-10±0,5°C	-10±1,5°C	-10±3°C	PPDS
ODEUR	3	52,81 ^a (13,51)	54,75 ^a (9,73)	54,84 ^a (7,85)	5,04
	6	53,31 ^a (13,18)	52,53 ^a (8,88)	52,88 ^a (13,35)	4,70
	9	49,28 ^a (12,07)	52,53 ^a (10,60)	56,00 ^a (9,92)	5,21
	12	56,69 ^a (13,66)	52,88 ^a (15,53)	58,16 ^a (14,26)	6,27
COUT	3	49,22 ^a (20,13)	52,06 ^a (19,71)	56,31 ^a (12,64)	7,76
	6	54,69 ^a (15,73)	57,28 ^a (15,18)	57,75 ^a (20,14)	5,79
	9	55,28 ^a (12,10)	55,78 ^a (14,52)	60,78 ^b (12,96)	4,47
	12	59,88 ^a (13,24)	60,38 ^a (11,83)	59,97 ^a (14,19)	3,13
RANCE	3	48,53 ^a (12,25)	52,94 ^a (12,65)	53,63 ^a (12,58)	5,21
	6	54,59 ^a (12,33)	56,38 ^a (11,63)	53,78 ^a (18,60)	4,98
	9	51,34 ^a (13,57)	54,34 ^{ab} (11,32)	58,66 ^b (13,81)	5,10
	12	60,44 ^a (18,49)	58,69 ^a (12,61)	60,53 ^a (14,87)	3,88

1 : entre parenthèses

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à $p < 0,05$ ou à $p < 0,01$ si¹

Tableau I.1.4 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DU CONDITIONNEMENT

Caractéristiques	Semaines	AN	AI	VN	VI	PPDS
ODEUR	3	52,33 ^a (9,08)	53,63 ^a (13,46)	54,13 ^a (7,58)	56,46 ^a (11,40)	6,14
	6	61,13 ^a (11,82)	54,54 ^b (12,15)	48,29 ^c (8,83)	47,67 ^c (9,74)	5,73
	9	55,21 ^a (12,26)	55,13 ^a (10,90)	52,29 ^{ab} (11,76)	47,79 ^b (8,16)	6,37
	12	61,58 ^a (16,06)	62,17 ^a (14,33)	48,42 ^b (12,13)	51,46 ^b (10,31)	8,19
COUT	3	58,75 ^a (15,13)	59,50 ^a (19,45)	43,12 ^b (16,25)	48,75 ^b (15,88)	9,48
	6	70,75 ^a (13,10)	61,25 ^b (14,62)	48,75 ^c (12,62)	45,54 ^c (15,13)	7,30
	9	68,00 ^a (9,55)	65,79 ^a (11,09)	47,25 ^b (10,09)	48,08 ^b (5,23)	5,57
	12	71,63 ^a (8,88)	69,54 ^a (8,50)	49,25 ^b (7,30)	49,87 ^b (5,33)	3,83
RANCE	3	56,75 ^a (13,49)	56,42 ^a (11,85)	46,50 ^b (9,70)	47,12 ^b (11,83)	6,35
	6	67,54 ^a (11,56)	60,29 ^b (11,23)	47,12 ^c (11,84)	44,71 ^c (9,47)	6,08
	9	60,29 ^a (13,21)	62,33 ^a (12,30)	49,58 ^b (11,46)	46,92 ^b (8,62)	6,58
	12	74,83 ^a (10,19)	68,38 ^b (9,85)	47,17 ^c (8,07)	49,17 ^c (4,28)	4,74

AN = sous air, non-isolé AI = sous air, isolé

VN = sous vide, non-isolé VI = sous vide, isolé

Tableau I.1.5 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -10°C

CARACTERISTIQUE : ODEUR

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	50,62 ^{1a}	49,12 ^{1a}	52,75 ^{1a}	58,75 ^{1a}
6	64,87 ^{2a}	53,00 ^{1ab}	49,87 ^{1b}	45,50 ^{1b}
9	51,12 ^{1a}	53,12 ^{1a}	45,50 ^{1a}	47,87 ^{1a}
12	65,62 ^{2a}	57,25 ^{1ab}	46,75 ^{1ab}	57,00 ^{1b}

(a)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	55,12 ^{1a}	56,50 ^{1a}	53,12 ^{1a}	54,25 ^{1a}
6	55,50 ^{1a}	53,87 ^{1a}	48,00 ^{1a}	52,75 ^{1a}
9	54,12 ^{1a}	51,87 ^{1a}	56,00 ^{1a}	48,12 ^{1a}
12	51,62 ^{1a}	60,62 ^{1a}	50,62 ^{1a}	48,62 ^{1a}

(b)

CARACTERISTIQUE : ODEUR

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	51,25 ^{1a}	55,25 ^{1a}	56,50 ^{1a}	56,37 ^{2a}
6	63,00 ^{2a}	57,12 ^{1a}	47,00 ^{1b}	44,75 ^{1b}
9	60,37 ^{12a}	60,37 ^{1a}	55,37 ^{1a}	49,12 ^{12a}
12	67,37 ^{2a}	68,62 ^{1a}	49,87 ^{1b}	48,12 ^{1b}

(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à $p < 0,05$ ou à $p < 0,01$ si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à $p < 0,05$ ou $p < 0,01$ si .

Figure I.1.1 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "ODEUR")

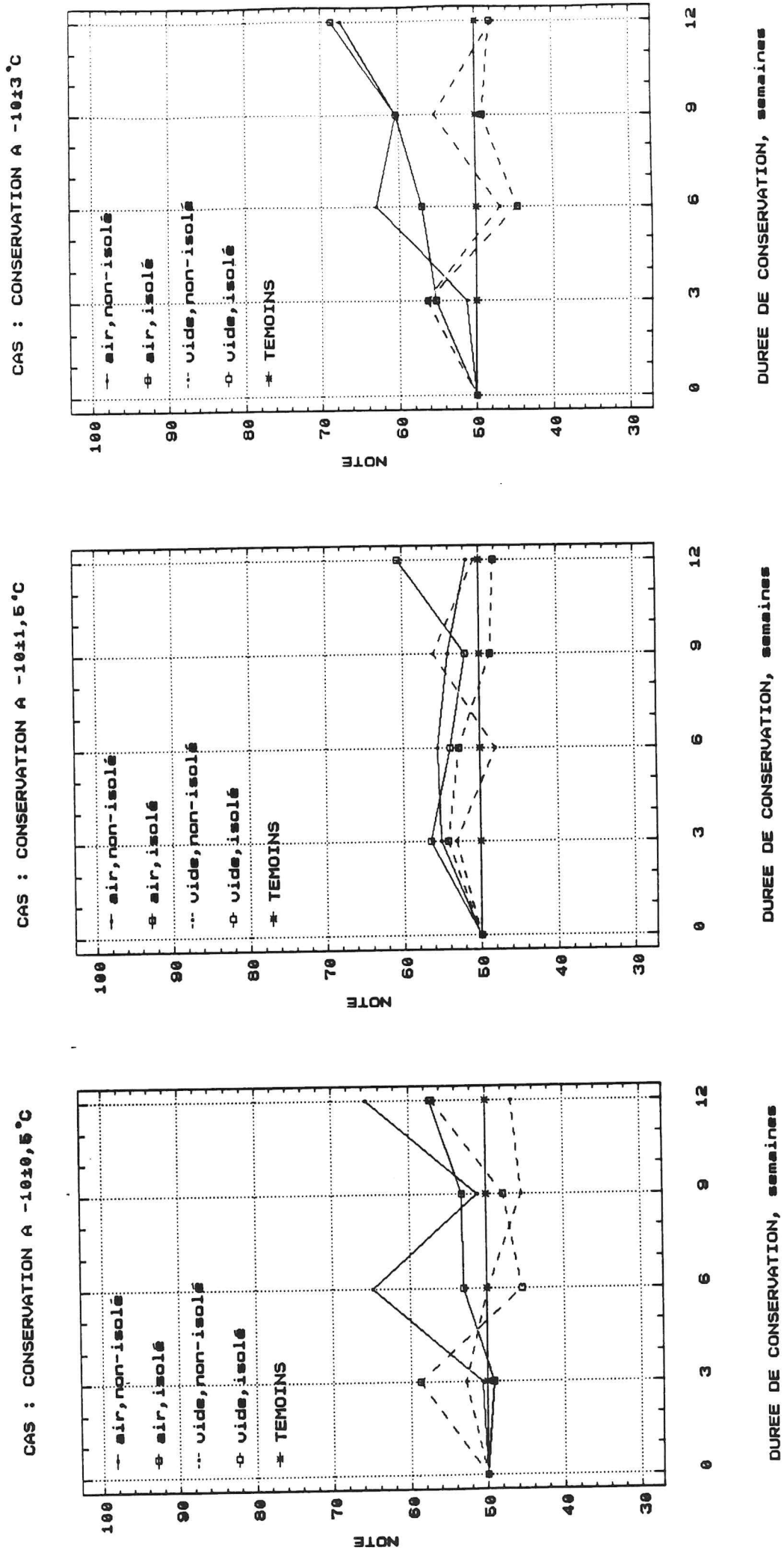


Tableau I.1.6 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -10°C

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	55,12 ^{1a}	50,75 ^{1a}	40,50 ^{1a}	50,00 ^{1a}
6	65,12 ^{12a}	61,37 ^{1a}	50,00 ^{1a}	48,25 ^{1a}
9	67,12 ^{12a}	62,25 ^{1a}	45,00 ^{1b}	46,75 ^{1b}
12	73,87 ^{2a}	69,25 ^{1a}	48,12 ^{1b}	48,25 ^{1b}

(a)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	62,37 ^{1a}	64,25 ^{1a}	36,00 ^{1b}	45,62 ^{1b}
6	68,87 ^{1a}	64,87 ^{1a}	47,12 ^{1b}	48,25 ^{1b}
9	68,12 ^{1a}	64,00 ^{1a}	43,37 ^{1b}	47,62 ^{1b}
12	67,25 ^{1a}	72,12 ^{1a}	50,62 ^{1b}	51,50 ^{1b}

(b)

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	58,75 ^{1a}	63,50 ^{1a}	52,87 ^{1a}	50,12 ^{1a}
6	78,25 ^{2a}	63,50 ^{1ab}	49,12 ^{1b}	40,12 ^{1b}
9	68,75 ^{12a}	71,12 ^{1a}	53,37 ^{1b}	49,87 ^{1b}
12	73,75 ^{2a}	67,25 ^{1a}	49,00 ^{1b}	49,87 ^{1b}

(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .

Figure I.1.2 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "GOUT")

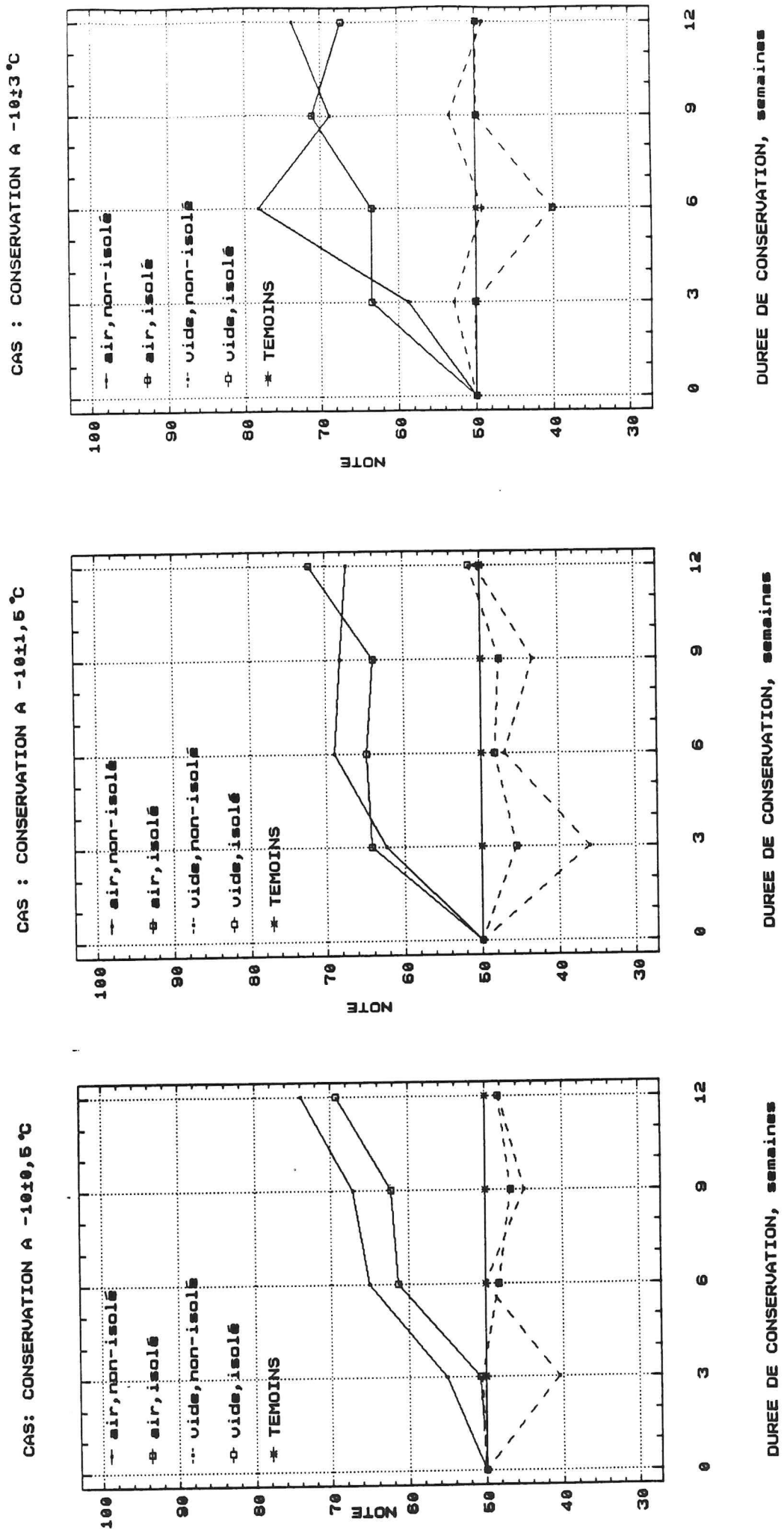


Tableau I.1.7 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -10°C

CARACTERISTIQUE : RANCE

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	56,50 ^{1a}	59,37 ^{1a}	49,75 ^{1a}	49,00 ^{1a}
6	71,37 ^{23a}	62,75 ^{1a}	42,37 ^{1b}	38,62 ^{1b}
9	61,87 ^{12a}	65,37 ^{1a}	56,37 ^{1ab}	51,00 ^{1ab}
12	78,62 ^{3a}	65,50 ^{1c}	49,37 ^{1b}	48,62 ^{1b}

(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .

CARACTERISTIQUE : RANCE

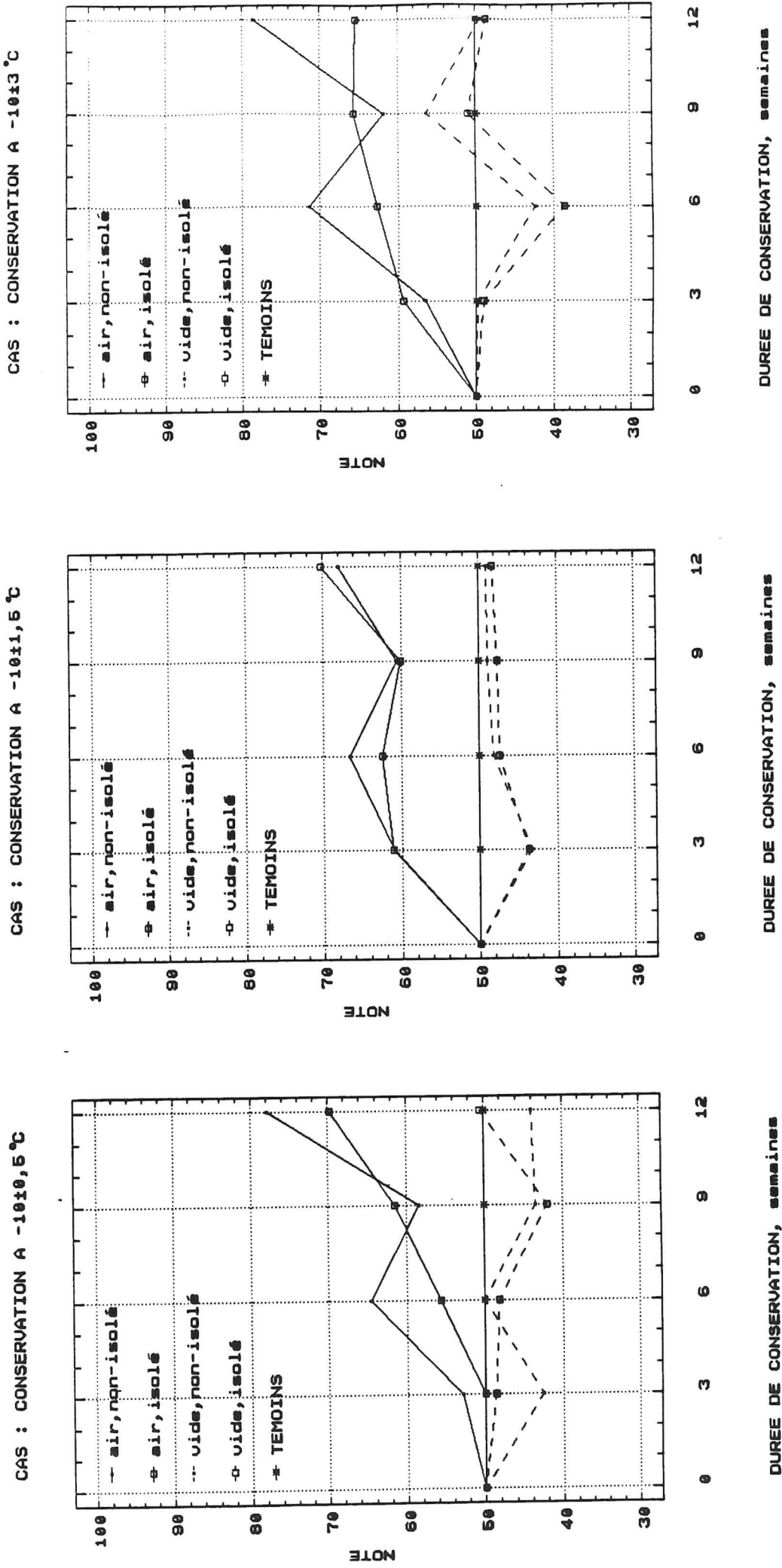
DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	52,87 ^{1a}	50,00 ^{1a}	42,62 ^{1a}	48,62 ^{1a}
6	64,62 ^{1a}	55,62 ^{1ab}	50,00 ^{1b}	48,12 ^{1b}
9	58,37 ^{1a}	61,50 ^{12a}	43,50 ^{1b}	42,00 ^{1b}
12	77,87 ^{2a}	69,37 ^{2a}	44,00 ^{1b}	50,50 ^{1b}

(a)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	61,00 ^{1a}	61,12 ^{1a}	43,37 ^{1b}	43,37 ^{1b}
6	66,65 ^{1a}	62,50 ^{1a}	49,00 ^{1b}	47,37 ^{1b}
9	60,62 ^{1a}	60,12 ^{1a}	48,87 ^{1b}	47,75 ^{1b}
12	68,00 ^{1a}	70,25 ^{1a}	48,12 ^{1b}	48,37 ^{1b}

(b)

Figure I.1.3 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "RANCE")



I.2 Cas de la conservation à -15°C

Tableau I.2.1 Analyse globale de la variance des notes

CARACTERISTIQUES	ODEUR	GOUT	RANCE
Facteurs			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	**	**
Conditionnement (C)	**	**	**
Temps (T)	**	**	**
Interactions			
D x A	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
D x T	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	**
A x T	ns	ns	ns
C x T	*	ns	ns

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

Tableau I.2.2 Analyse de la variance des notes pour chaque séance de l'analyse sensorielle

SEANCE	1	2	3	4
MOIS	3	6	9	12
ODEUR				
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	**	**	*	**
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns
GOUT				
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	**	ns	ns
Conditionnement (C)	**	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	**	*	ns
RANCE				
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	**	ns	**
Conditionnement (C)	**	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns

Tableau I.2.3 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DE L'AMPLITUDE DE VARIATION DE LA TEMPERATURE

Caractéristiques	Mois	-15±0,5°C	-15±1,5°C	-15±3°C	PPDS
ODEUR	3	55,66 ^a (11,48)	57,91 ^a (12,21)	53,97 ^a (12,78)	5,88
	6	52,50 ^a (11,50)	54,59 ^a (8,55)	56,84 ^a (12,14)	4,70
	9	55,22 ^a (8,83)	57,72 ^a (11,71)	56,94 ^a (7,70)	4,51
	12	59,00 ^a (15,05)	63,31 ^a (10,88)	63,13 ^a (13,48)	4,84
GOUT	3	55,25 ^a (11,73)	57,63 ^{ab} (14,07)	59,78 ^b (10,91)	3,65
	6	55,72 ^a (10,81)	60,47 ^b (13,28)	64,31 ^b (15,48)	4,19
	9	63,31 ^a (13,28)	63,75 ^a (15,30)	67,72 ^a (18,80)	5,45
	12	61,88 ^a (18,77)	65,63 ^{ab} (17,80)	71,25 ^b (18,38)	5,86
RANCE	3	52,63 ^b (12,87)	55,97 ^a (17,83)	59,59 ^a (17,52)	6,02
	6	54,78 ^a (11,38)	59,75 ^b (13,18)	63,19 ^b (16,38)	4,66
	9	62,13 ^b (12,27)	62,31 ^a (11,17)	63,31 ^a (15,28)	4,03
	12	59,27 ^a (12,77)	63,56 ^{ab} (13,15)	68,16 ^b (14,55)	5,04

1 : entre parenthèses

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 etc.

Tableau I.2.4 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DU CONDITIONNEMENT

Caractéristiques	Mois	AN	AI	VN	VI	PPDS
ODEUR	3	57,71 ^{ab} (12,48)	62,71 ^a (12,24)	51,00 ^b (7,41)	51,96 ^b (12,45)	7,18
	6	57,75 ^{ab} (12,67)	59,17 ^a (12,72)	48,92 ^c (8,25)	52,75 ^{bc} (7,30)	5,73
	9	57,58 ^a (11,58)	60,42 ^a (10,28)	56,17 ^a (5,79)	52,33 ^b (9,55)	5,51
	12	65,71 ^b (11,77)	73,63 ^a (10,90)	53,71 ^c (7,09)	54,21 ^c (11,36)	5,90
GOUT	3	66,63 ^a (7,97)	67,38 ^a (8,00)	48,17 ^b (7,94)	48,04 ^b (7,97)	4,45
	6	70,96 ^a (12,62)	69,79 ^a (10,03)	48,67 ^b (5,47)	51,25 ^b (8,60)	5,11
	9	73,29 ^a (14,28)	78,17 ^a (11,50)	56,08 ^b (10,95)	52,17 ^b (11,17)	6,62
	12	73,25 ^b (18,38)	81,79 ^a (12,08)	53,00 ^c (14,80)	56,96 ^c (12,47)	7,14
RANCE	3	65,67 ^a (13,43)	65,08 ^a (18,25)	47,29 ^b (10,88)	46,21 ^b (10,05)	7,32
	6	68,54 ^a (13,38)	69,96 ^a (11,80)	49,25 ^b (5,31)	49,21 ^b (6,87)	5,67
	9	71,88 ^a (10,86)	71,42 ^a (8,38)	54,29 ^b (9,80)	52,75 ^b (7,71)	4,92
	12	70,46 ^a (12,08)	74,71 ^a (9,80)	53,33 ^b (9,85)	56,75 ^b (8,65)	6,14

AM = sous air, non-isolé AI = sous air, isolé
VN = sous vide, non-isolé VI = sous vide, isolé

Figure I.2.1 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "ODEUR")

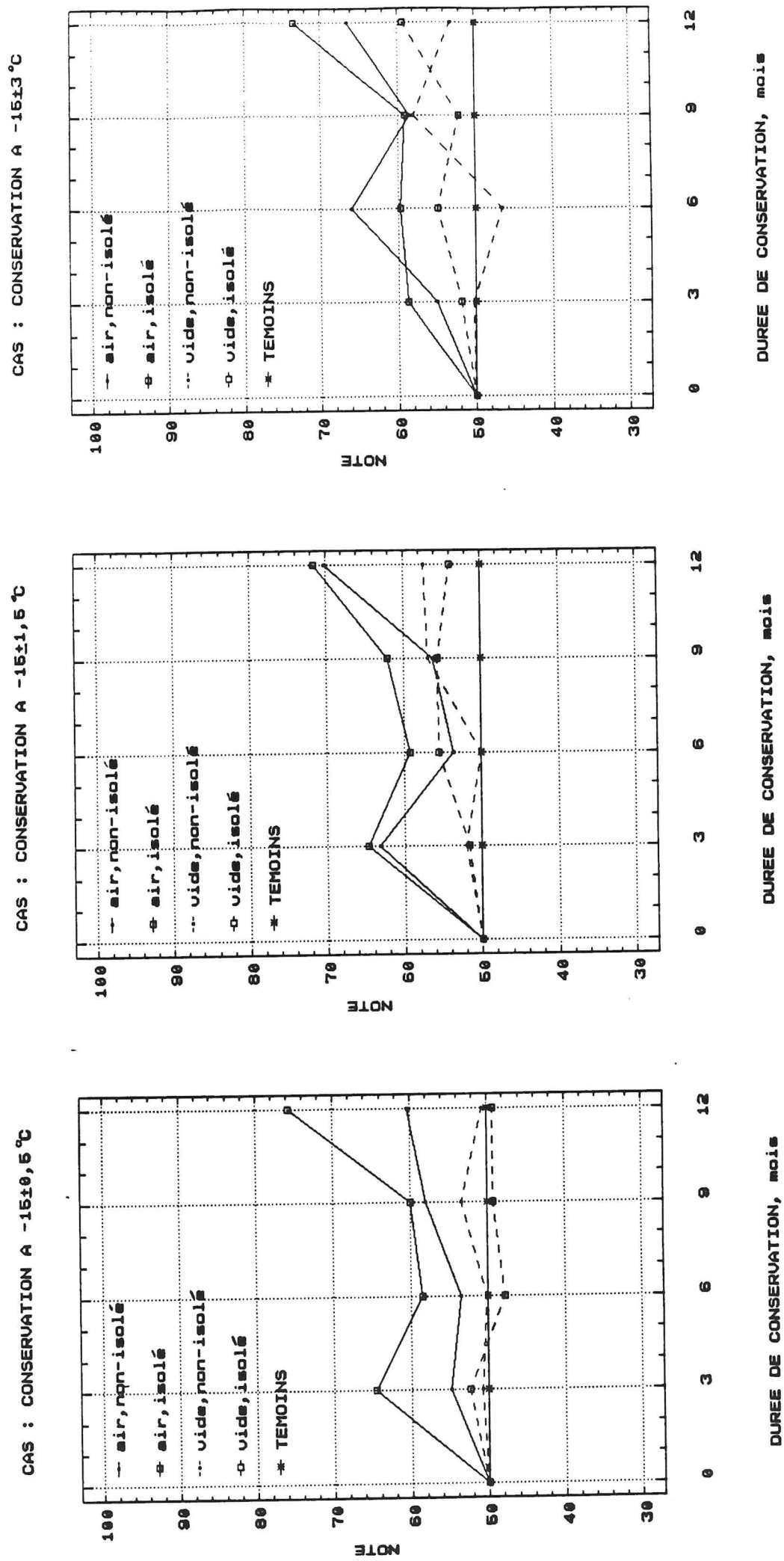


Tableau I.2.6 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -15°C

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -15±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	62,13 ^{1a}	65,50 ^{1a}	47,63 ^{1b}	45,75 ^{1b}
6	67,75 ^{1a}	66,50 ^{1b}	47,25 ^{1c}	51,38 ^{1bc}
9	66,50 ^{12ab}	73,62 ^{1a}	56,88 ^{1b}	56,25 ^{1b}
12	71,38 ^{2a}	76,75 ^{1a}	52,63 ^{1b}	46,75 ^{1b}

(a)

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -15±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	69,00 ^{1a}	67,50 ^{1a}	46,37 ^{1b}	47,62 ^{1b}
6	76,38 ^{1a}	65,25 ^{1b}	47,75 ^{1c}	52,50 ^{1c}
9	74,63 ^{1a}	73,38 ^{12a}	59,63 ^{1b}	47,38 ^{1c}
12	69,25 ^{1ab}	82,13 ^{2a}	48,37 ^{1c}	62,75 ^{2b}

(b)

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -15±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	68,75 ^{1a}	69,13 ^{1a}	50,50 ^{1b}	50,75 ^{1b}
6	78,75 ^{1a}	77,63 ^{2a}	51,00 ^{1b}	49,87 ^{1b}
9	78,75 ^{1a}	87,50 ^{3a}	51,75 ^{1b}	52,88 ^{1b}
12	79,13 ^{1a}	86,50 ^{3a}	58,00 ^{1b}	61,38 ^{1b}

(c)

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Figure I.2.2 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "GOÛT")

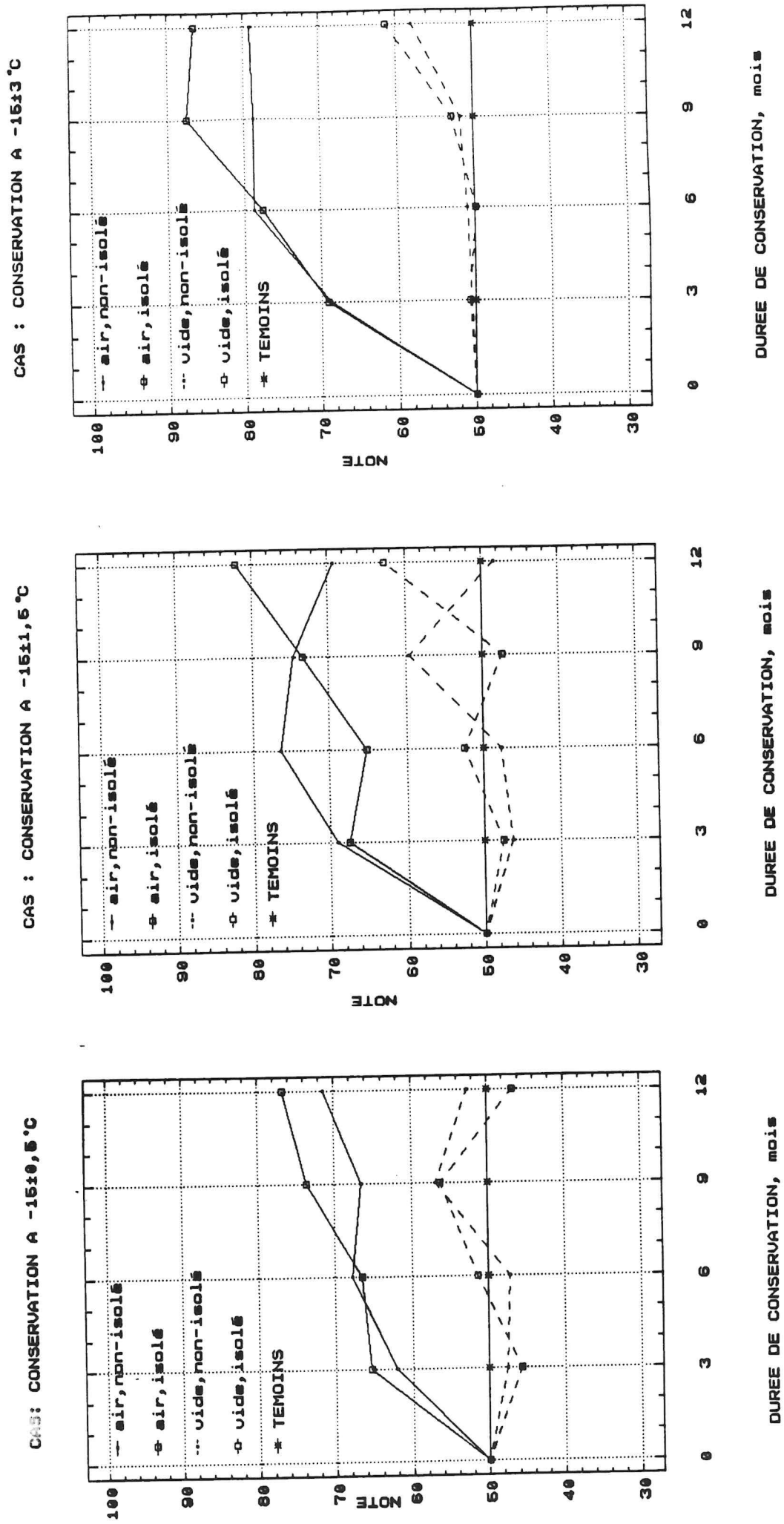
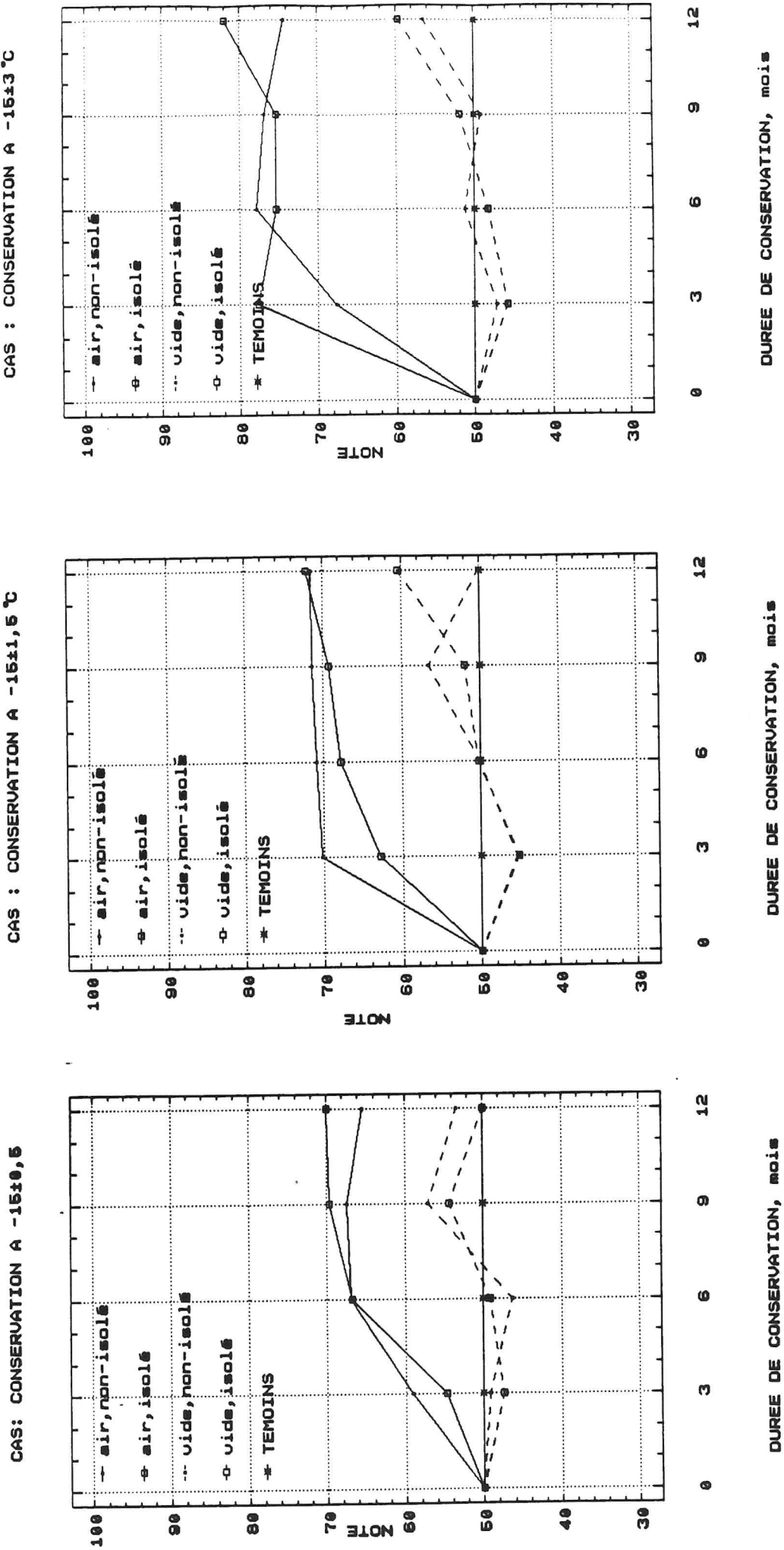


Figure I.2.3 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "RANCE")



I.3 Cas de la conservation à -20°C

Tableau I.3.1 Analyse globale de la variance des notes

CARACTERISTIQUES	ODEUR	GOUT	RANCE
Facteurs			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	**
Conditionnement (C)	**	**	**
Temps (T)	**	**	**
Interactions			
D x A	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
D x T	ns	ns	ns
A x C	ns	*	ns
A x T	ns	ns	ns
C x T	*	**	**

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

Tableau I.3.2 Analyse de la variance des notes pour chaque séance de l'analyse sensorielle

SEANCE	1	2	3	4	5
MOIS	3	6	9	12	15
ODEUR					
Dégustateur (D)	ns	ns	ns	ns	**
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	**	ns	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns	ns
GOUT					
Dégustateur (D)	ns	**	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	*	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	**	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns	ns
RANCE					
Dégustateur (D)	ns	**	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	**	**	*	ns
Conditionnement (C)	ns	**	**	**	**
D x A	ns	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns	ns

Tableau I.3.3 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles : INFLUENCE DE L'AMPLITUDE DE VARIATION DE LA TEMPERATURE

Caractéristiques	Mois	-20±0,5°C	-20±1,5°C	-20±3°C	PPDS
ODEUR	3	54,44 ^a (11,20)	54,09 ^a (9,12)	56,50 ^a (11,32)	4,37
	6	52,34 ^a (8,07)	55,00 ^a (8,97)	52,75 ^a (7,88)	3,30
	9	54,75 ^b (10,78)	56,88 ^a (18,78)	59,19 ^a (11,89)	6,35
	12	58,72 ^b (8,30)	59,50 ^b (8,70)	60,34 ^a (11,91)	3,83
	15	58,44 ^a (13,78)	63,72 ^b (14,87)	62,88 ^a (12,87)	5,04
GOUT	3	53,28 ^a (7,01)	56,19 ^a (9,87)	55,28 ^a (10,81)	4,29
	6	54,84 ^a (8,88)	57,59 ^a (12,81)	58,53 ^a (9,18)	3,65
	9	56,88 ^a (18,33)	57,59 ^a (18,17)	62,84 ^b (10,47)	4,63
	12	64,09 ^a (10,78)	64,09 ^a (18,18)	64,34 ^a (13,08)	4,00
	15	64,31 ^a (15,10)	65,25 ^a (17,48)	65,69 ^a (13,78)	4,73
RANCE	3	53,81 ^a (10,07)	57,47 ^a (12,10)	56,59 ^a (9,18)	4,81
	6	53,22 ^a (4,32)	54,03 ^a (7,88)	57,47 ^b (10,38)	2,60
	9	57,84 ^a (12,14)	59,38 ^a (13,23)	64,44 ^b (11,81)	3,83
	12	59,53 ^a (8,50)	62,59 ^b (13,77)	64,31 ^b (13,00)	3,14
	15	62,41 ^a (13,84)	64,00 ^a (18,21)	65,34 ^a (14,12)	4,13

1 : entre parenthèses
Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 s'il.

Tableau I.3.4 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DU CONDITIONNEMENT

Caractéristiques	Mois	AN	AI	VN	VI	PPDS
ODEUR	3	60,58 ^a (10,04)	58,50 ^a (9,09)	49,04 ^b (7,52)	51,92 ^b (11,24)	5,04
	6	53,42 ^a (8,14)	55,38 ^a (7,58)	53,08 ^a (4,75)	51,58 ^a (5,76)	3,81
	9	62,33 ^a (14,84)	59,04 ^a (10,37)	51,00 ^b (11,08)	55,38 ^{ab} (12,87)	7,35
	12	65,38 ^a (7,34)	65,00 ^a (8,88)	53,21 ^b (5,40)	54,50 ^b (8,50)	4,43
	15	70,29 ^a (12,48)	65,63 ^a (13,85)	56,38 ^b (9,71)	54,42 ^b (12,94)	5,82
GOUT	3	55,88 ^a (8,85)	55,17 ^a (7,85)	55,88 ^a (9,58)	52,75 ^a (10,51)	4,94
	6	61,00 ^a (8,80)	62,67 ^a (13,35)	52,21 ^b (5,73)	52,08 ^b (8,41)	4,21
	9	70,88 ^a (7,93)	68,17 ^a (8,42)	47,87 ^b (12,11)	49,50 ^b (10,47)	5,34
	12	78,04 ^a (7,30)	71,42 ^a (10,27)	53,50 ^b (8,84)	53,75 ^b (8,72)	4,61
	15	79,38 ^a (8,33)	74,58 ^a (12,77)	52,04 ^b (8,50)	54,33 ^b (8,04)	5,46
RANCE	3	57,08 ^a (12,47)	59,17 ^a (10,44)	54,00 ^a (9,75)	53,58 ^a (9,88)	5,54
	6	57,83 ^a (7,33)	60,71 ^a (8,88)	51,67 ^b (3,92)	49,42 ^b (5,28)	3,00
	9	69,67 ^a (8,92)	69,38 ^a (12,28)	51,42 ^b (8,45)	51,75 ^b (8,48)	4,43
	12	73,54 ^a (8,87)	70,46 ^a (8,24)	52,46 ^b (8,72)	52,13 ^b (4,78)	3,63
	15	78,00 ^a (8,10)	72,42 ^a (10,81)	52,13 ^b (7,23)	53,13 ^b (8,73)	4,77

AN = sous air, non-isolé
AI = sous air, isolé
VN = sous vide, non-isolé
VI = sous vide, isolé

Figure I.3.1 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "ODEUR")

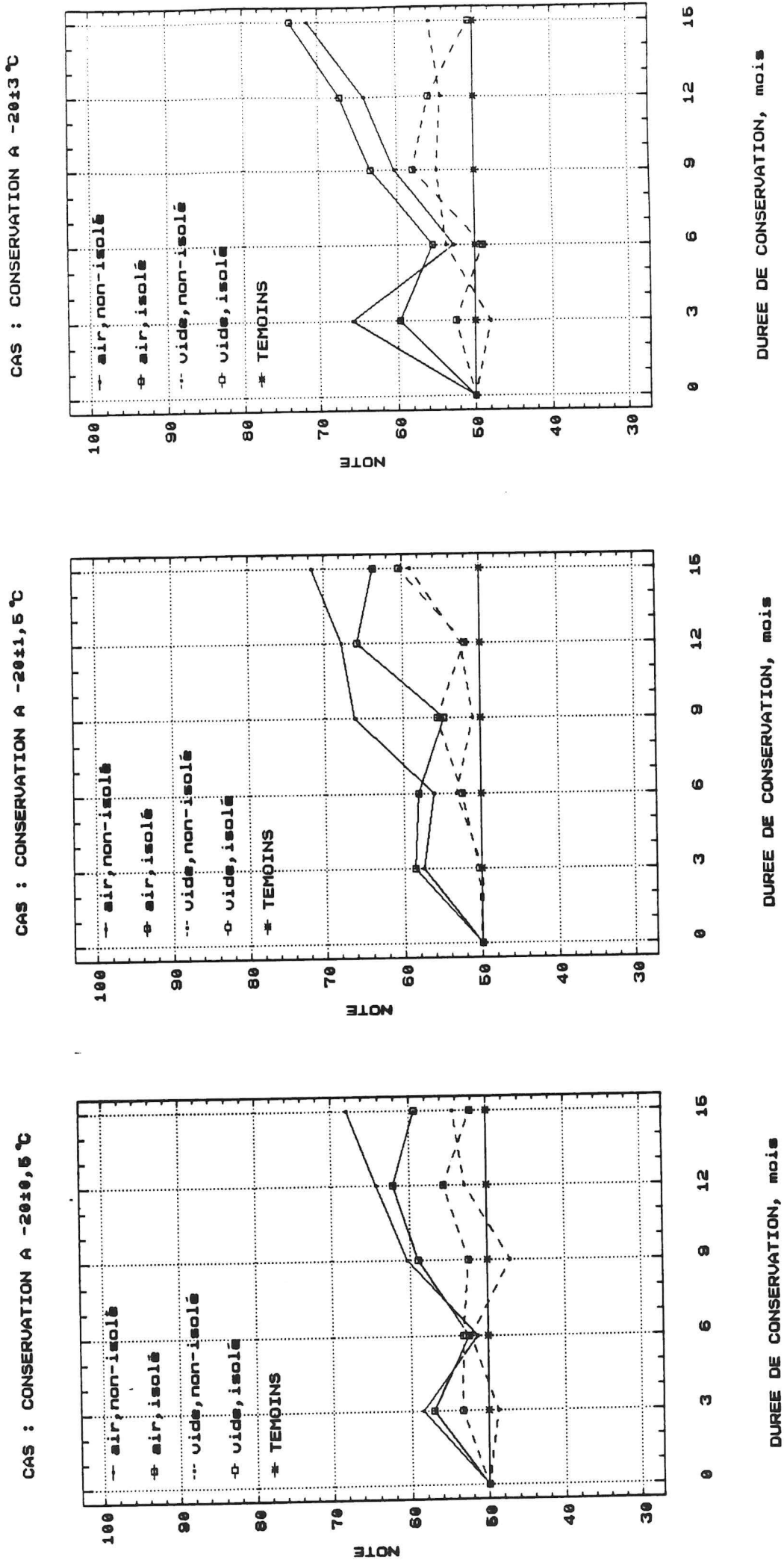


Tableau I.3.6 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -20°C

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	54,75 ^{1a}	54,63 ^{1a}	51,25 ^{1a}	52,50 ^{1a}
6	56,50 ^{1a}	56,00 ^{1a}	51,50 ^{1a}	55,38 ^{1a}
9	69,50 ^{2a}	67,25 ^{2a}	41,37 ^{1b}	50,38 ^{1b}
12	77,00 ^{3c}	68,88 ^{2a}	54,75 ^{1b}	55,75 ^{1b}
15	79,63 ^{3a}	69,00 ^{2a}	50,13 ^{1b}	58,50 ^{1b}

(a)

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	58,25 ^{1a}	53,38 ^{1a}	57,38 ^{1a}	55,75 ^{1a}
6	63,88 ^{12a}	65,88 ^{2a}	51,38 ^{1b}	49,25 ^{1b}
9	73,13 ^{2a}	66,25 ^{2a}	46,75 ^{1b}	44,25 ^{1b}
12	81,25 ^{3a}	73,25 ^{3a}	53,00 ^{1b}	48,87 ^{1b}
15	80,25 ^{3a}	76,88 ^{3a}	53,13 ^{1b}	50,75 ^{1b}

(b)

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20 ± 3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	54,63 ^{1a}	57,50 ^{1a}	59,00 ^{1a}	50,00 ^{1a}
6	62,63 ^{1a}	66,13 ^{12a}	53,75 ^{1b}	51,63 ^{1b}
9	70,00 ^{2a}	71,00 ^{2a}	56,50 ^{1b}	53,88 ^{1b}
12	75,88 ^{3a}	72,13 ^{2a}	52,75 ^{1b}	56,63 ^{1b}
15	78,25 ^{3a}	77,88 ^{3a}	52,88 ^{1b}	53,75 ^{1b}

(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .

Figure I.3.2 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "GOUT")

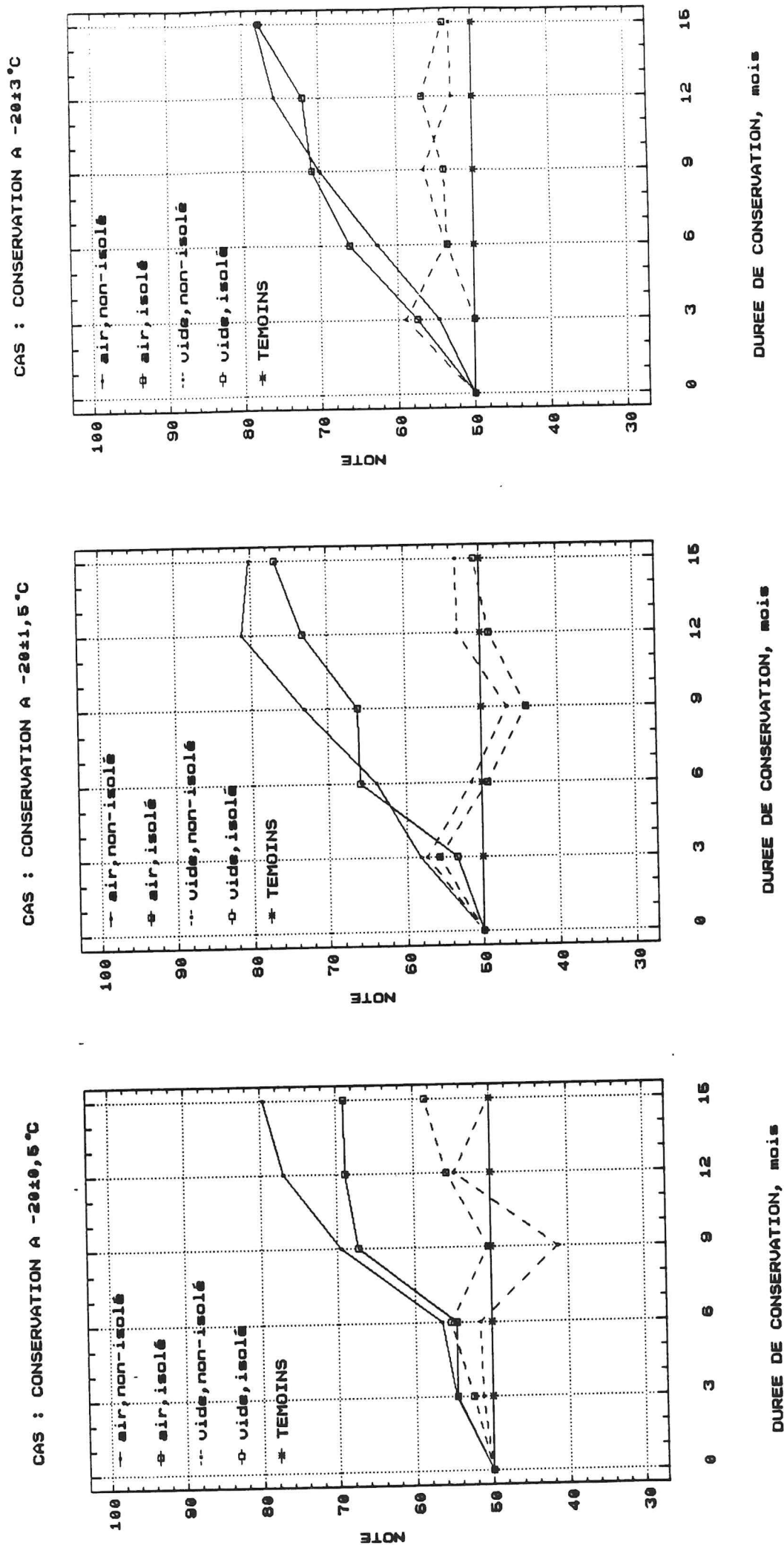


Tableau I.3.7 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -20°C

CARACTERISTIQUE : RANCE

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	54,25 ^{1a}	57,88 ^{1a}	49,87 ^{1a}	53,25 ^{1a}
6	54,38 ^{1ab}	56,13 ^{1a}	50,75 ^{1b}	51,63 ^{1b}
9	67,00 ^{2a}	63,38 ^{1a}	48,62 ^{1b}	52,00 ^{1b}
12	69,75 ^{2a}	65,13 ^{1a}	51,88 ^{1b}	51,38 ^{1b}
15	76,38 ^{2a}	68,00 ^{1a}	48,87 ^{1b}	56,38 ^{1b}

(a)

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	59,38 ^{1a}	59,63 ^{1a}	55,13 ^{1a}	55,75 ^{1a}
6	58,25 ^{1a}	58,25 ^{1a}	50,75 ^{1b}	48,87 ^{1b}
9	71,13 ^{2a}	68,88 ^{1a}	48,25 ^{1b}	49,25 ^{1b}
12	76,13 ^{2a}	72,38 ^{2a}	51,88 ^{1b}	50,00 ^{1b}
15	77,25 ^{2a}	73,52 ^{2a}	54,00 ^{1b}	51,25 ^{1b}

(b)

CARACTERISTIQUE : RANCE

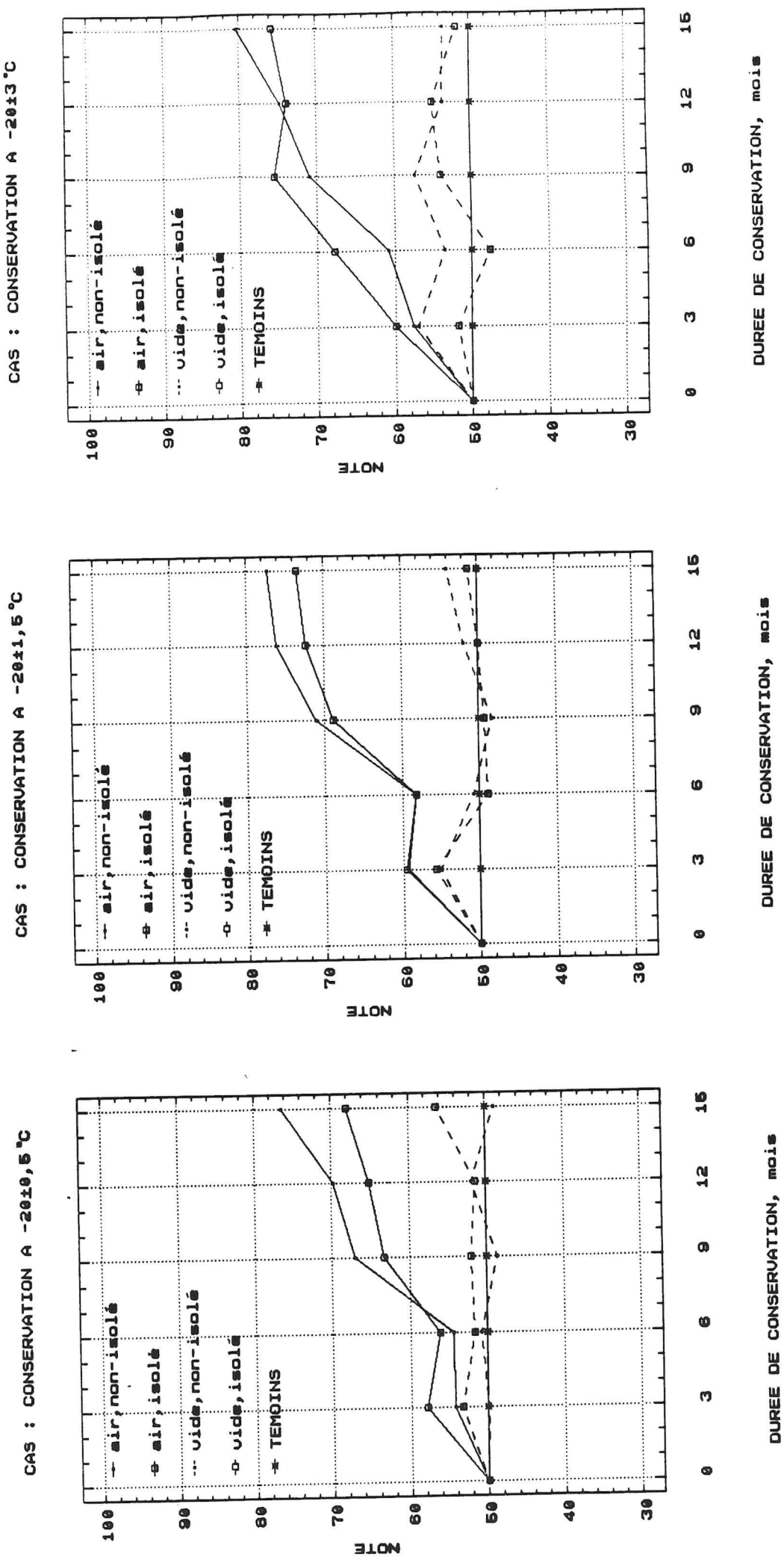
DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20 ± 3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	57,63 ^{1a}	60,00 ^{1a}	57,00 ^{1a}	51,75 ^{1a}
6	60,88 ^{1a}	67,75 ^{12a}	53,50 ^{1b}	47,25 ^{1b}
9	70,88 ^{2a}	75,50 ^{2a}	57,38 ^{1b}	54,00 ^{1b}
12	74,75 ^{23a}	73,88 ^{2a}	53,63 ^{1b}	55,00 ^{1b}
15	80,38 ^{3a}	75,75 ^{2a}	53,50 ^{1b}	51,75 ^{1b}

(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .

Figure I.3.3 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "RANCE")



I.4 Cas de la conservation à -10°C avec la fréquence accélérée

Tableau I.4.2 Analyse de la variance des notes pour chaque séance de l'analyse sensorielle

SEANCE	1	2	3	4
SEMAINES	3	6	9	12

Tableau I.4.1 Analyse globale de la variance des notes

CARACTERISTIQUES	ODEUR	GOÛT	RANCE
Facteurs			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	ns	ns
Temps (T)	ns	ns	ns
Interactions			
D x A	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
D x T	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns
A x T	ns	ns	ns
C x T	ns	ns	ns

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

ODEUR

Dégustateur (D)	**	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	ns	ns	ns
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns

GOÛT

Dégustateur (D)	**	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	ns	ns	ns
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	ns	ns	ns	ns

RANCE

Dégustateur (D)	**	ns	ns	ns
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	ns	ns	ns
D x A	ns	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns	ns
A x C	*	ns	ns	ns

Tableau I.4.3 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DE L'AMPLITUDE DE VARIATION DE LA TEMPERATURE

Caractéristiques	Semaines	-10±0,5°C	-10±1,5°C	-10±3°C	PPDS
ODEUR	3	52,97 ^a (8,82)	55,16 ^a (11,10)	54,09 ^a (12,42)	3,65
	6	51,59 ^a (8,44)	51,53 ^a (7,21)	52,50 ^a (7,59)	3,66
	9	53,94 ^a (8,18)	54,00 ^a (7,79)	55,84 ^a (8,59)	3,43
	12	54,88 ^a (7,42)	56,19 ^a (10,89)	54,69 ^a (9,87)	4,80
GOÛT	3	55,44 ^a (9,38)	52,44 ^a (13,03)	55,09 ^a (13,02)	5,27
	6	54,16 ^a (11,74)	51,84 ^a (8,74)	52,72 ^a (9,89)	4,86
	9	55,94 ^a (14,21)	53,16 ^a (12,10)	57,97 ^a (11,91)	6,04
	12	57,66 ^a (15,40)	59,16 ^a (11,72)	56,19 ^a (11,53)	6,23
RANCE	3	53,53 ^a (10,34)	52,47 ^a (7,18)	53,06 ^a (9,18)	3,57
	6	53,06 ^a (8,83)	52,44 ^a (11,32)	55,25 ^a (11,87)	4,94
	9	53,28 ^a (8,43)	51,66 ^a (9,82)	55,31 ^a (9,12)	3,92
	12	56,72 ^a (11,03)	57,75 ^a (10,87)	54,09 ^a (9,86)	4,88

1 : entre parenthèses

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant équivalentes à $p < 0,05$ ou à $p < 0,01$ si².

Tableau I.4.4 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles: INFLUENCE DU CONDITIONNEMENT

Caractéristiques	Semaines	AN	AI	VN	T	PPDS
ODEUR	3	55,67 ^a (9,54)	54,54 ^a (8,93)	55,38 ^a (11,22)	50,71 ^a (11,27)	4,45
	6	49,96 ^a (8,19)	51,96 ^a (8,41)	53,75 ^a (6,48)	51,83 ^a (6,77)	4,47
	9	55,92 ^a (8,52)	55,71 ^a (9,18)	54,38 ^a (8,17)	53,04 ^a (7,81)	4,18
	12	56,58 ^a (10,50)	57,13 ^a (9,85)	53,21 ^a (8,51)	54,08 ^a (8,95)	5,86
GOÛT	3	55,92 ^a (12,00)	58,75 ^a (11,31)	51,46 ^a (10,71)	51,17 ^a (12,41)	6,43
	6	54,13 ^a (10,48)	55,75 ^a (11,95)	50,79 ^a (8,49)	50,96 ^a (8,73)	5,90
	9	52,50 ^a (10,97)	59,50 ^a (15,87)	54,88 ^a (10,72)	55,88 ^a (12,79)	7,36
	12	58,75 ^a (12,55)	62,08 ^a (14,69)	55,17 ^a (13,28)	54,67 ^a (10,15)	7,61
RANCE	3	51,75 ^a (8,88)	56,33 ^a (7,88)	53,29 ^a (10,83)	50,71 ^a (8,50)	4,34
	6	55,71 ^a (8,93)	53,67 ^a (11,32)	53,29 ^a (11,67)	51,67 ^a (7,56)	6,02
	9	50,67 ^a (9,20)	55,83 ^a (8,92)	53,58 ^a (8,89)	53,58 ^a (8,12)	4,78
	12	58,54 ^a (11,47)	59,38 ^a (11,84)	53,88 ^a (11,04)	52,96 ^a (5,58)	5,96

AN = sous air, non-isolé AI = sous air, isolé
VN = sous vide, non-isolé T = témoins non-identifiés

Tableau I.4.5 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -10°C (fréquence accélérée)

CARACTERISTIQUE : ODEUR

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non-identifié
3	52,38 ^a	50,88 ^a	53,25 ^a	55,38 ^a
6	51,58 ^a	50,50 ^a	53,00 ^a	51,00 ^a
9	52,75 ^a	54,00 ^a	52,63 ^a	56,38 ^a
12	54,75 ^a	60,25 ^a	54,88 ^a	49,62 ^a

(a)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non-identifié
3	57,50 ^a	59,13 ^a	57,38 ^a	46,62 ^a
6	48,37 ^a	50,63 ^a	54,75 ^a	52,38 ^a
9	56,50 ^a	51,88 ^a	56,63 ^a	51,00 ^a
12	58,25 ^a	54,88 ^a	50,88 ^a	60,75 ^a

(b)

CARACTERISTIQUE : ODEUR

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non-identifié
3	57,13 ^a	53,63 ^a	55,50 ^a	50,13 ^a
6	49,62 ^a	54,75 ^a	53,50 ^a	52,13 ^a
9	56,50 ^a	61,25 ^a	53,88 ^a	51,75 ^a
12	56,75 ^a	56,25 ^a	53,88 ^a	51,88 ^a

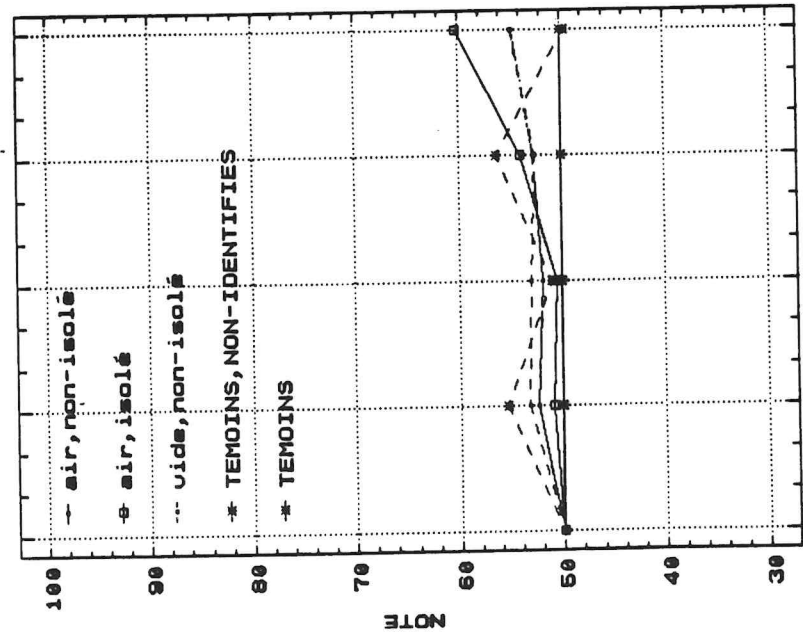
(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si.

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si.

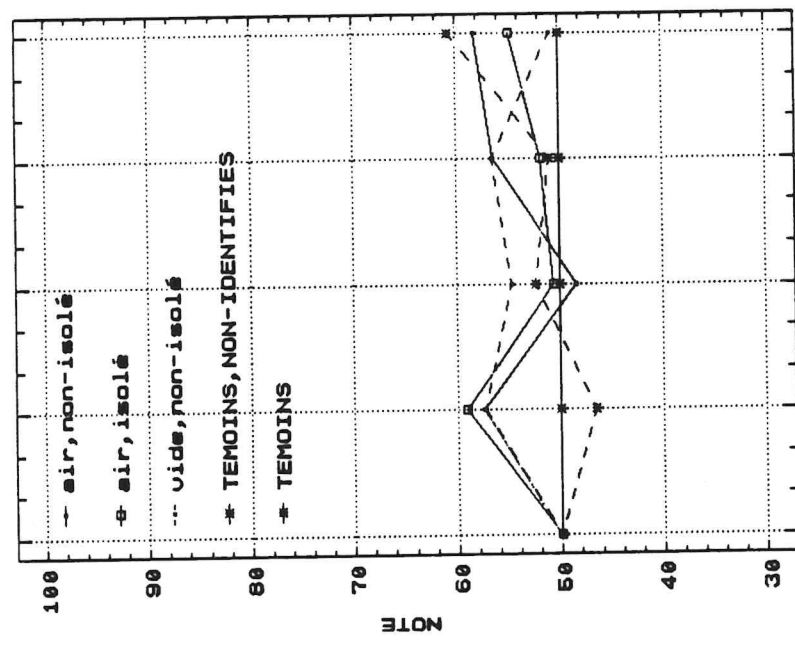
Figure I.4.1 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "ODEUR")

CAS : CONSERVATION A $-10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
(FREQUENCE ACCELEREE)



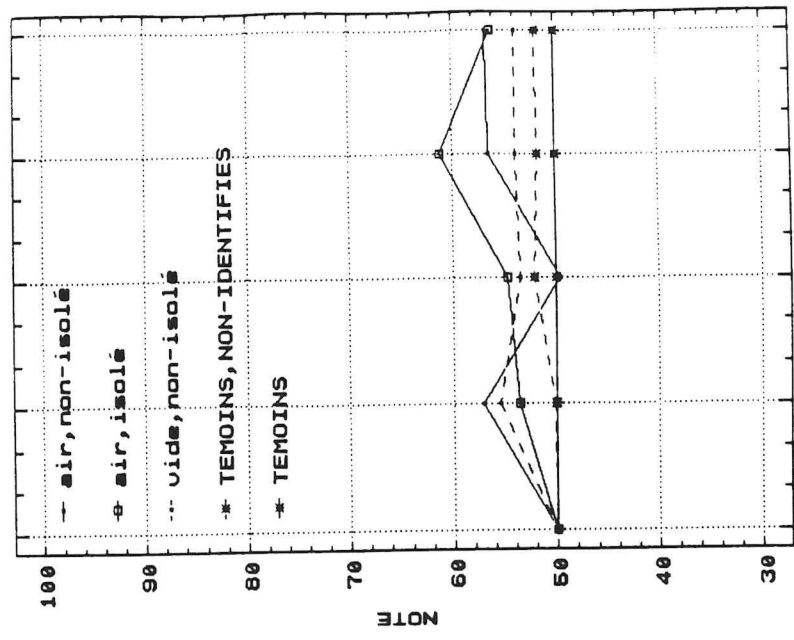
DUREE DE CONSERVATION, semaines

CAS : CONSERVATION A $-10 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$
(FREQUENCE ACCELEREE)



DUREE DE CONSERVATION, semaines

CAS : CONSERVATION A $-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$
(FREQUENCE ACCELEREE)



DUREE DE CONSERVATION, semaines

Tableau I.4.6 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -10°C (fréquence accélérée)

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non- identifié
3	54,00 ^a	59,50 ^a	51,88 ^a	56,38 ^a
6	55,88 ^a	58,00 ^a	52,38 ^a	50,38 ^a
9	56,00 ^a	60,63 ^a	50,88 ^a	56,25 ^a
12	56,38 ^a	68,75 ^a	56,00 ^a	49,50 ^a

(a)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non- identifié
3	50,13 ^a	63,63 ^a	51,13 ^a	44,87 ^a
6	54,13 ^a	56,00 ^a	49,87 ^a	47,27 ^a
9	47,50 ^a	55,50 ^a	57,75 ^a	51,88 ^a
12	62,75 ^a	60,75 ^a	53,38 ^a	59,75 ^a

(b)

CARACTERISTIQUE : GOUT

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non- identifié
3	63,63 ^a	53,13 ^a	51,38 ^a	52,25 ^a
6	52,38 ^a	53,25 ^a	50,13 ^a	55,13 ^a
9	54,00 ^a	62,38 ^a	56,00 ^a	59,50 ^a
12	57,13 ^a	57,75 ^a	56,13 ^a	54,75 ^a

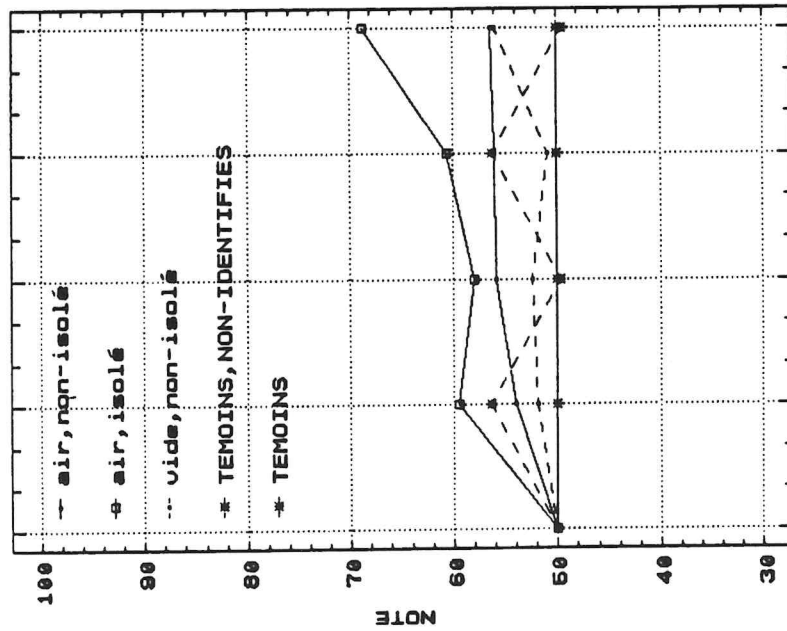
(c)

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

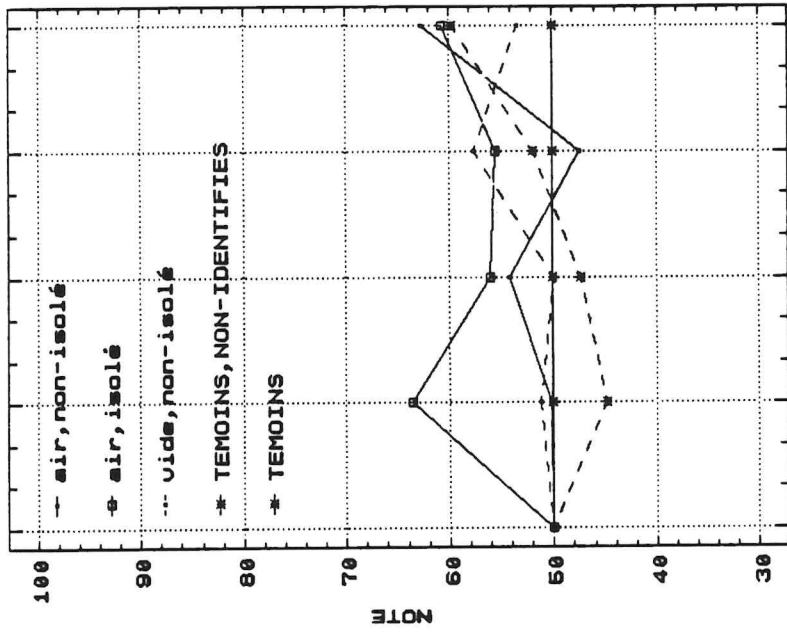
Figure I.4.2 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "GOUT")

CAS : CONSERVATION A $-10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
(FREQUENCE ACCELEREE)



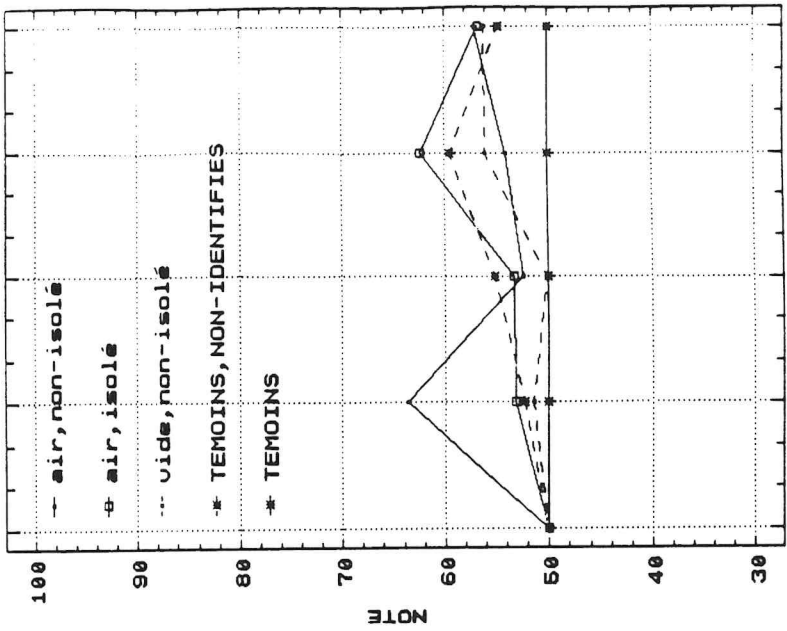
DUREE DE CONSERVATION, semaines

CAS : CONSERVATION A $-10 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$
(FREQUENCE ACCELEREE)



DUREE DE CONSERVATION, semaines

CAS : CONSERVATION A $-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$
(FREQUENCE ACCELEREE)



DUREE DE CONSERVATION, semaines

Tableau I.4.7 Notes moyennes obtenues pour les steaks hachés conservés à -10°C (fréquence accélérée)

CARACTERISTIQUE : RANCE

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non-identifié
3	47,25 ^a	54,25 ^a	56,50 ^a	56,13 ^a
6	55,00 ^a	54,88 ^a	52,13 ^a	50,25 ^a
9	48,87 ^a	56,88 ^a	52,63 ^a	54,75 ^a
12	57,38 ^a	64,13 ^a	55,63 ^a	49,75 ^a

(a)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non-identifié
3	52,00 ^a	60,25 ^a	50,13 ^a	47,50 ^a
6	55,25 ^a	53,75 ^a	51,75 ^a	49,00 ^a
9	49,75 ^a	54,75 ^a	53,25 ^a	48,87 ^a
12	62,63 ^a	59,63 ^a	52,00 ^a	56,75 ^a

(b)

CARACTERISTIQUE : RANCE

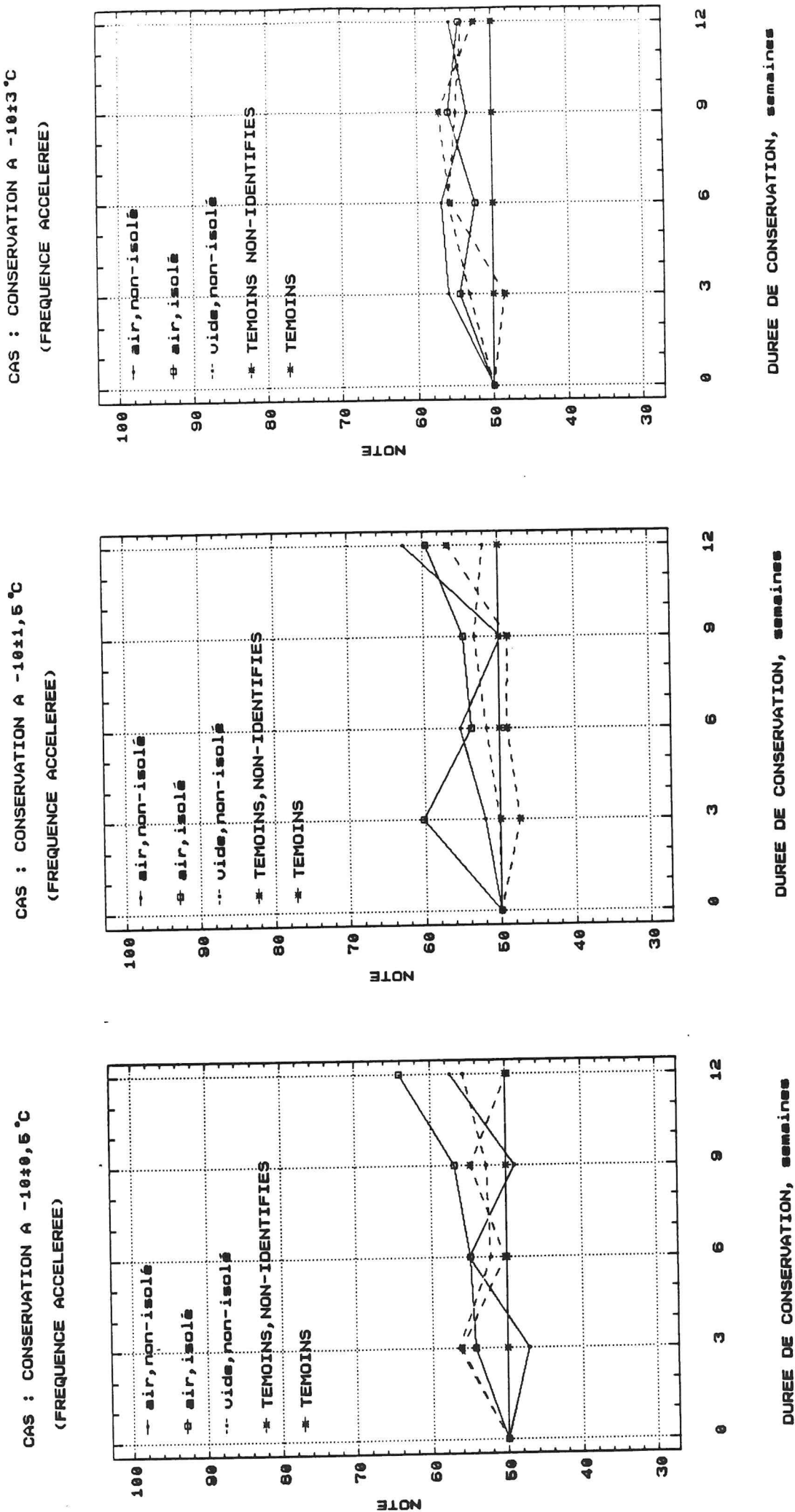
DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	témoin non-identifié
3	56,00 ^a	54,50 ^a	53,25 ^a	48,50 ^a
6	56,88 ^a	52,38 ^a	56,00 ^a	55,75 ^a
9	53,38 ^a	55,88 ^a	54,88 ^a	57,13 ^a
12	55,63 ^a	54,38 ^a	54,00 ^a	52,38 ^a

(c)

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou à p<0,01 si .

Figure I.4.3 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE (CARACTERISTIQUE "RANCE")



I.5 Cas de la simulation en vitrine

I.5.1 Entreposage à -20±3°C pendant 3 mois

Tableau I.5.1.1 Analyse globale de la variance des notes

CARACTERISTIQUES	ODEUR	GOÛT	RANCE
Facteurs			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	ns	ns	*
Conditionnement (C)	*	**	**
Temps (T)	ns	**	**
Interactions			
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	**
D x T	ns	ns	*
C x Tt	ns	*	ns
T x Tt	ns	ns	ns
C x T	ns	ns	ns

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

I.5.2 Entreposage à -20±3°C pendant 6 mois

Tableau I.5.2.1 Analyse globale de la variance des notes

CARACTERISTIQUES	ODEUR	GOÛT	RANCE
Facteurs			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	*	**	**
Conditionnement (C)	**	**	**
Temps (T)	ns	**	**
Interactions			
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
D x T	ns	ns	*
C x Tt	*	**	**
T x Tt	ns	ns	*
C x T	ns	ns	ns

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

Tableau I.5.2.2 Analyse de la variance des notes pour chaque séance de l'analyse sensorielle (Cas d'entreposage de 6 mois)

SEANCE	1	2	3
SEMAINES	3	6	9
ODEUR			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	**	ns
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
C x Tt	ns	*	ns

SEANCE	1	2	3
SEMAINES	3	6	9
GOUT			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	**	**	ns
Conditionnement (C)	**	**	**
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
C x Tt	*	*	ns

SEANCE	1	2	3
SEMAINES	3	6	9
RANCE			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	**	**	ns
Conditionnement (C)	**	**	**
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
C x Tt	*	**	ns

Tableau I.5.1.2 Analyse de la variance des notes pour chaque séance de l'analyse sensorielle (Cas d'entreposage de 3 mois)

SEANCE	1	2	3
SEMAINES	3	6	9
ODEUR			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	*	**
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	*	ns
C x Tt	ns	ns	ns

SEANCE	1	2	3
SEMAINES	3	6	9
GOUT			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	ns	ns	**
Conditionnement (C)	**	**	**
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	*	*
C x Tt	*	ns	*

SEANCE	1	2	3
SEMAINES	3	6	9
RANCE			
Dégustateur (D)	ns	ns	ns
Température (Tt)	*	ns	**
Conditionnement (C)	*	**	**
D x Tt	ns	ns	ns
D x C	ns	ns	ns
C x Tt	*	ns	*

Tableau I.5.1.3 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles (Cas d'entreposage de 3 mois)

Caractéristiques	Semaines en Vitrine	Température dans les vitrines						PPDS
		-10±3 °C			-15±3 °C			
		air	vide	air	vide	air	vide	
ODEUR	3	52,25 ^a (8,25)	53,75 ^a (8,18)	52,13 ^a (2,10)	50,75 ^a (2,92)	5,79		
	6	56,25 ^b (8,84)	50,13 ^{ab} (14,11)	52,75 ^{ab} (7,11)	48,25 ^a (8,04)	7,09		
	9	58,75 ^b (8,48)	51,13 ^a (2,47)	53,75 ^a (3,81)	51,00 ^a (1,93)	3,77		
GOUT	3	64,13 ^a (8,71)	49,87 ^b (8,74)	57,75 ^c (8,80)	53,63 ^{bc} (8,07)	5,76		
	6	61,13 ^a (10,93)	46,62 ^b (10,08)	58,88 ^{ac} (8,28)	48,25 ^b (7,87)	7,13		
	9	84,25 ^d (8,18)	55,50 ^b (9,32)	71,50 ^e (10,10)	55,50 ^b (8,82)	5,63		
RANCE	3	62,88 ^a (12,12)	52,25 ^b (8,15)	52,38 ^b (8,71)	52,75 ^b (6,28)	6,07		
	6	60,38 ^a (11,54)	48,25 ^b (11,80)	59,25 ^a (9,16)	45,12 ^b (13,54)	6,81		
	9	72,38 ^c (13,38)	54,50 ^b (8,94)	63,50 ^d (12,13)	52,13 ^b (3,40)	3,49		

1 : entre parenthèses
Les moyennes d'une même caractéristique affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si

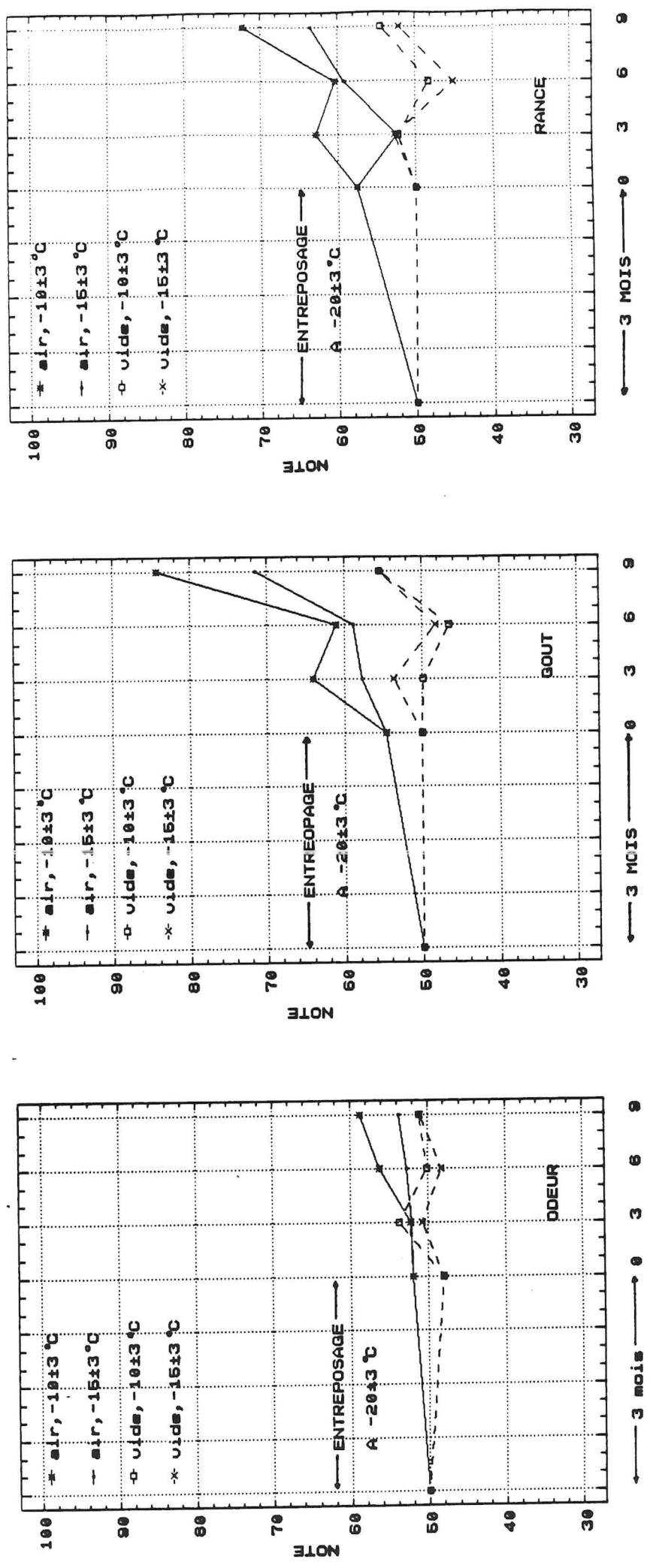
Tableau I.5.2.3 Moyenne, écart-type¹ et plus petite différence significative (PPDS) des notes des analyses sensorielles (Cas d'entreposage de 6 mois)

Caractéristiques	Semaines en Vitrine	Température dans les vitrines						PPDS
		-10±3 °C			-15±3 °C			
		air	vide	air	vide	air	vide	
ODEUR	3	63,25 ^a (8,94)	60,50 ^a (16,25)	59,25 ^a (8,66)	59,00 ^a (13,01)	15,96		
	6	74,50 ^b (9,07)	51,00 ^c (4,78)	62,38 ^a (9,24)	54,75 ^{ac} (12,08)	7,93		
	9	70,38 ^b (11,55)	54,38 ^a (7,17)	57,25 ^a (10,48)	57,00 ^a (7,78)	11,64		
GOUT	3	76,13 ^a (3,14)	58,75 ^b (4,17)	60,75 ^c (8,41)	55,50 ^b (4,72)	6,77		
	6	83,88 ^d (8,83)	53,00 ^b (4,17)	67,00 ^e (8,83)	47,25 ^b (9,60)	7,21		
	9	87,75 ^d (7,13)	59,88 ^b (8,27)	80,63 ^d (5,53)	59,75 ^b (4,65)	7,84		
RANCE	3	77,88 ^a (8,85)	58,25 ^b (12,75)	57,25 ^b (10,53)	53,50 ^b (7,15)	7,83		
	6	81,75 ^c (10,50)	49,37 ^b (8,78)	63,00 ^d (12,38)	48,62 ^b (13,13)	7,31		
	9	82,88 ^c (8,77)	53,38 ^b (4,34)	79,75 ^c (7,35)	53,13 ^b (4,82)	6,44		

1 : entre parenthèses
Les moyennes d'une même caractéristique affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si

Figure I.5.1 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DE LA SIMULATION EN VITRINE

CAS : APRES 3 MOIS D'ENTREPOSAGE



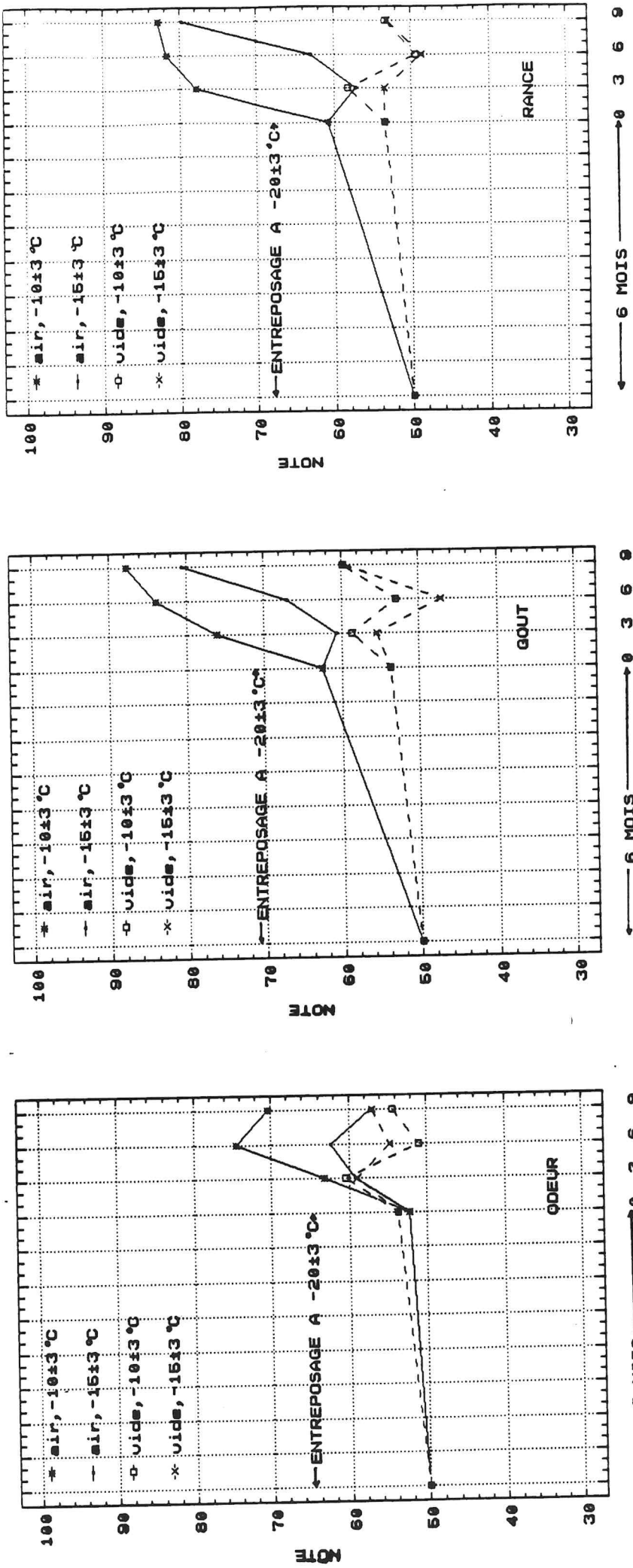
TEMPS EN VITRINE, semaines

TEMPS EN VITRINE, semaines

TEMPS EN VITRINE, semaines

Figure I.5.2 ANALYSE SENSORIELLE DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DE LA SIMULATION EN VITRINE

CAS : APRES 6 MOIS D'ENTREPOSAGE



TEMPS EN VITRINE, semaines

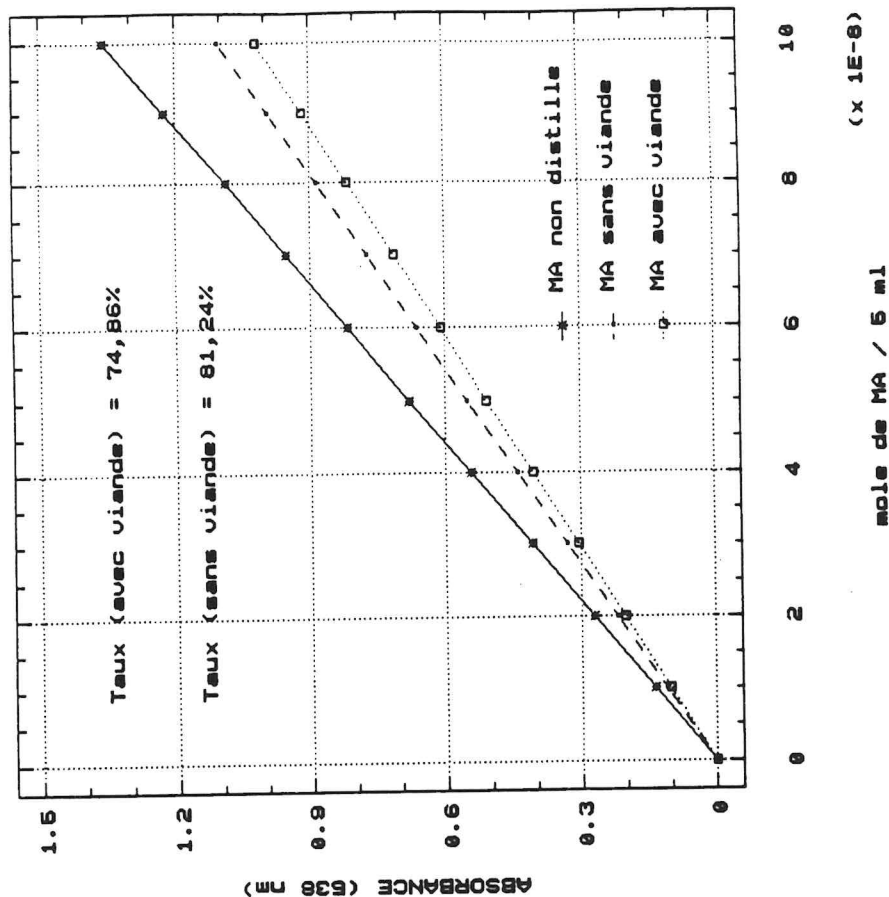
TEMPS EN VITRINE, semaines

TEMPS EN VITRINE, semaines

A N N E X E I I

OXYDATION DES LIPIDES (TEST DE TBA)

Figure II.1.1 Taux de la distillation du MA



II.1 Etalonnage et Rendement de la distillation d'Aldehyde Malonique (MA)

Les résultats sont présentés dans le figure II.1.1. Nous avons trouvé que le nombre de mole de MA par l'unité d'absorbance spectrophotométrique ($\lambda = 538 \text{ nm}$) est de $7,35 \times 10^{-8}$. Les taux de rendement de la distillation de MA avec ou sans viande sont respectivement de 74,86% et 81,24%. Par conséquent, nous avons déterminé la valeur K, soit 7,069.

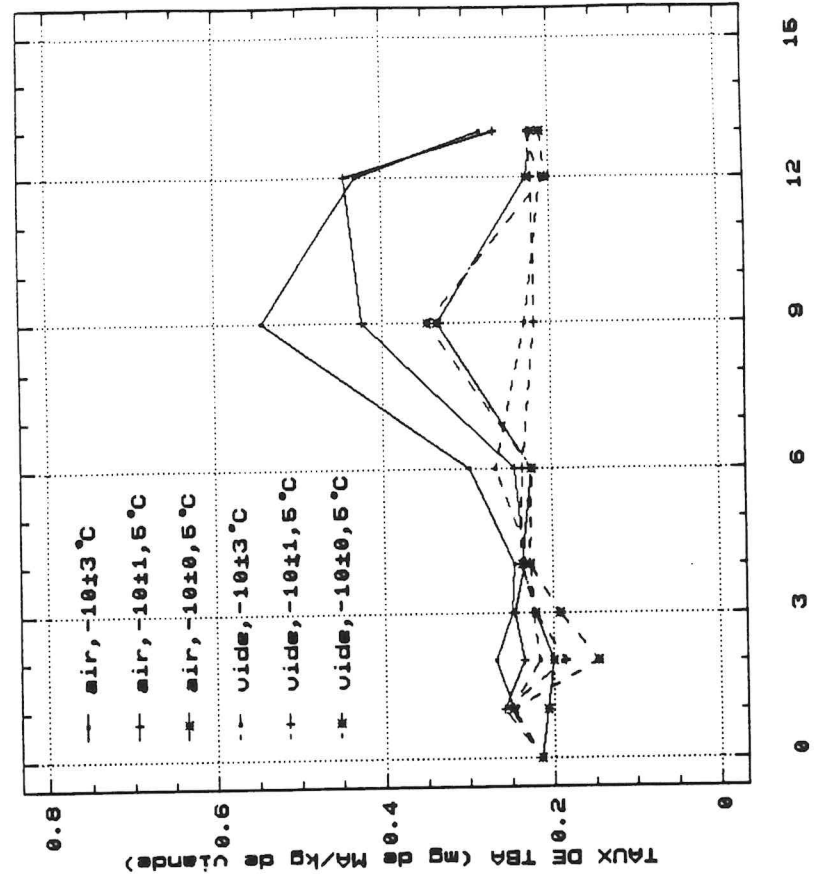
II.2 Détermination du taux de TBA des steaks hachés surgelés Cas de la conservation à -10°C

Tableau II.2.1 Analyse globale de la variance de taux de TBA

Facteurs	
Amplitude (A)	**
Conditionnement (C)	**
Temps (T)	**
Interaction	
A x C	*
A x T	**
C x T	**

ns : non significative
 * : significative à $p < 0,05$
 ** : significative à $p < 0,01$

Figure II.2.1 EVOLUTION DU TAUX DE TBA DES STEAKS
CAS : CONSERVATION A -10°C



DUREE DE CONSERVATION, semaines

Tableau II.2.2 Analyse de la variance des taux de TBA pour chaque séance d'analyse

SEMAINES	1	2	3	4	6	9	12	13
Facteurs								
Amplitude (A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Conditionnement (C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction								
A x C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tableau II.2.3 Evolution du taux de TBA¹ des steaks hachés surgelés au cours de leur stockage

DUREE EN SEMAINES	SOUS AIR			SOUS VIDE		
	-10±0,5	-10±1,5	-10±3	-10±0,5	-10±1,5	-10±3
0	0,215 ^{1a}	0,215 ^{1a}	0,215 ^{1a}	0,215 ^{1a}	0,215 ^{1a}	0,215 ^{1a}
1	0,207 ^{1a}	0,259 ^{2a}	0,249 ^{2a}	0,249 ^{1a}	0,259 ^{2a}	0,252 ^{2a}
2	0,200 ^{1a}	0,235 ^{1a}	0,268 ^{2a}	0,146 ^{1a}	0,186 ^{1a}	0,217 ^{1a}
3	0,221 ^{2a}	0,246 ^{2a}	0,249 ^{2a}	0,193 ^{1a}	0,222 ^{2a}	0,224 ^{1a}
4	0,237 ^{2a}	0,233 ^{1a}	0,245 ^{2a}	0,227 ^{1a}	0,238 ^{2a}	0,226 ^{1a}
6	0,225 ^{2a}	0,244 ^{2b}	0,298 ^{3c}	0,224 ^{1a}	0,235 ^{2ab}	0,267 ^{2d}
9	0,334 ^{4a}	0,425 ^{3b}	0,543 ^{5c}	0,346 ^{1a}	0,219 ^{2a}	0,230 ^{1a}
12	0,277 ^{3a}	0,445 ^{3b}	0,430 ^{4b}	0,205 ^{1c}	0,221 ^{2c}	0,211 ^{1c}
13	0,222 ^{2a}	0,265 ^{2b}	0,282 ^{3b}	0,211 ^{1a}	0,225 ^{2a}	0,228 ^{1a}

II.3 Cas de la conservation à -15°C

Tableau II.3.1 Analyse globale de la variance de taux de TBA

Facteurs	4	8	12	24	30	36	40	48	52
Amplitude (A)	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
Conditionnement (C)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Temps (T)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Interaction									
A x C	ns								
A x T	**								
C x T	**								

Tableau II.3.2 Analyse de la variance des taux de TBA pour chaque séance d'analyse

Facteurs	4	8	12	24	30	36	40	48	52
Amplitude (A)	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
Conditionnement (C)	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
Interactions									
A x C	**	**	*	**	ns	**	**	**	**

ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

Tableau II.3.3 Evolution du taux de TBA des steaks hachés surgelés au cours de leur stockage

DUREE EN SEMAINES	SOUS AIR			SOUS VIDE		
	-15±0,5	-15±1,5	-15±3	-15±0,5	-15±1,5	-15±3
0	0,251 ^{1a}	0,251 ^{1a}	0,251 ^{1a}	0,251 ^{1a}	0,251 ^{1a}	0,251 ^{1a}
4	0,166 ^{1a}	0,191 ^{1b}	0,257 ^{1c}	0,184 ^{1a}	0,208 ^{1b}	0,227 ^{2c}
8	0,333 ^{2a}	0,339 ^{2a}	0,319 ^{2a}	0,292 ^{5b}	0,260 ^{3b}	0,291 ^{4b}
12	0,311 ^{2a}	0,341 ^{2a}	0,336 ^{2a}	0,247 ^{3b}	0,253 ^{3b}	0,287 ^{4b}
24	0,433 ^{3a}	0,421 ^{3a}	0,445 ^{3a}	0,285 ^{5b}	0,263 ^{3b}	0,377 ^{5c}
30	0,411 ^{3a}	0,449 ^{3b}	0,448 ^{3c}	0,251 ^{4d}	0,256 ^{3d}	0,272 ^{3d}
36	0,405 ^{3a}	0,530 ^{4b}	0,509 ^{4b}	0,244 ^{3c}	0,218 ^{1d}	0,233 ^{2c}
40	0,462 ^{4a}	0,509 ^{4b}	0,600 ^{5c}	0,233 ^{2d}	0,209 ^{1e}	0,295 ^{4f}
48	0,561 ^{6a}	0,642 ^{6b}	0,639 ^{6b}	0,229 ^{2c}	0,232 ^{2c}	0,240 ^{2c}
52	0,525 ^{5a}	0,592 ^{5b}	0,719 ^{7c}	0,194 ^{1d}	0,219 ^{1e}	0,209 ^{1e}

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .

Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .

1 TAUX DE TBA = mg de malonalaldéhyde/kg de steak.

Tableau II.4.3 Evolution du taux de TBA¹ des steaks hachés surgelés au cours de leur stockage

DUREE EN SEMAINES	SOUS AIR			SOUS VIDE		
	-20±0,5	-20±1,5	-20±3	-20±0,5	-20±1,5	-20±3
0	0,251 ^{2a}	0,251 ^{2a}	0,251 ^{1a}	0,251 ^{3a}	0,251 ^{3a}	0,251 ^{2a}
4	0,166 ^{1a}	0,191 ^{1b}	0,257 ^{1c}	0,184 ^{1a}	0,208 ^{1b}	0,227 ^{2c}
8	0,182 ^{1a}	0,196 ^{1b}	0,247 ^{1c}	0,208 ^{2b}	0,205 ^{1b}	0,225 ^{2c}
12	0,294 ^{3a}	0,361 ^{3b}	0,420 ^{2b}	0,278 ^{4a}	0,261 ^{3a}	0,344 ^{4c}
24	0,382 ^{4a}	0,441 ^{4b}	0,496 ^{3b}	0,293 ^{5c}	0,353 ^{5d}	0,440 ^{5e}
30	0,523 ^{7a}	0,711 ^{7b}	0,768 ^{5b}	0,267 ^{3c}	0,246 ^{3c}	0,255 ^{2c}
36	0,477 ^{6a}	0,547 ^{8b}	0,596 ^{4c}	0,270 ^{4d}	0,256 ^{3d}	0,277 ^{3e}
40	0,403 ^{5a}	0,444 ^{4b}	0,484 ^{3c}	0,168 ^{1d}	0,192 ^{1e}	0,201 ^{1e}
48	0,448 ^{6a}	0,459 ^{4a}	0,388 ^{2b}	0,221 ^{2c}	0,227 ^{2c}	0,234 ^{2c}
60	0,358 ^{4a}	0,516 ^{5b}	0,573 ^{4c}	0,213 ^{2e}	0,321 ^{4f}	0,205 ^{1h}

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si.
 Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si.

¹ TAUX DE TBA = mg de malonalaldéhyde/kg de steak.

II.4 Cas de la conservation à -20°C

Tableau II.4.1 Analyse globale de la variance de taux de TBA

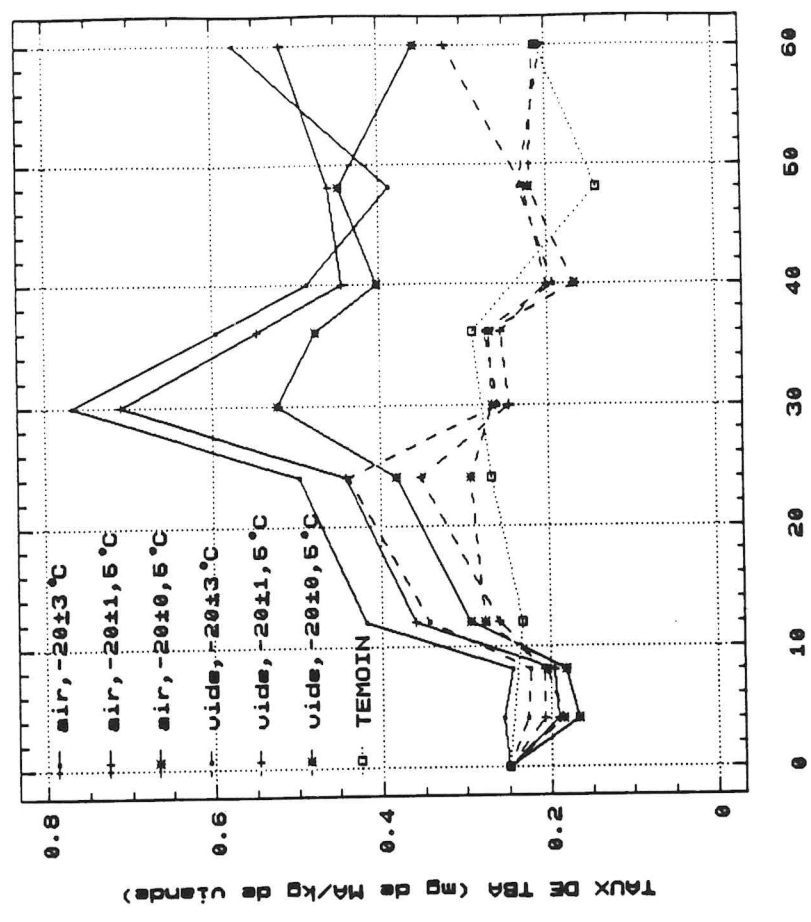
Facteurs	
Amplitude (A)	**
Conditionnement (C)	**
Temps (T)	**
Interaction	
A x C	**
A x T	**
C x T	**

Tableau II.4.2 Analyse de la variance des taux de TBA pour chaque séance d'analyse

SEMAINES	4	8	12	24	30	36	40	48	60
Facteurs									
Amplitude (A)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Conditionnement (C)	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**
Interactions									
A x C	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**

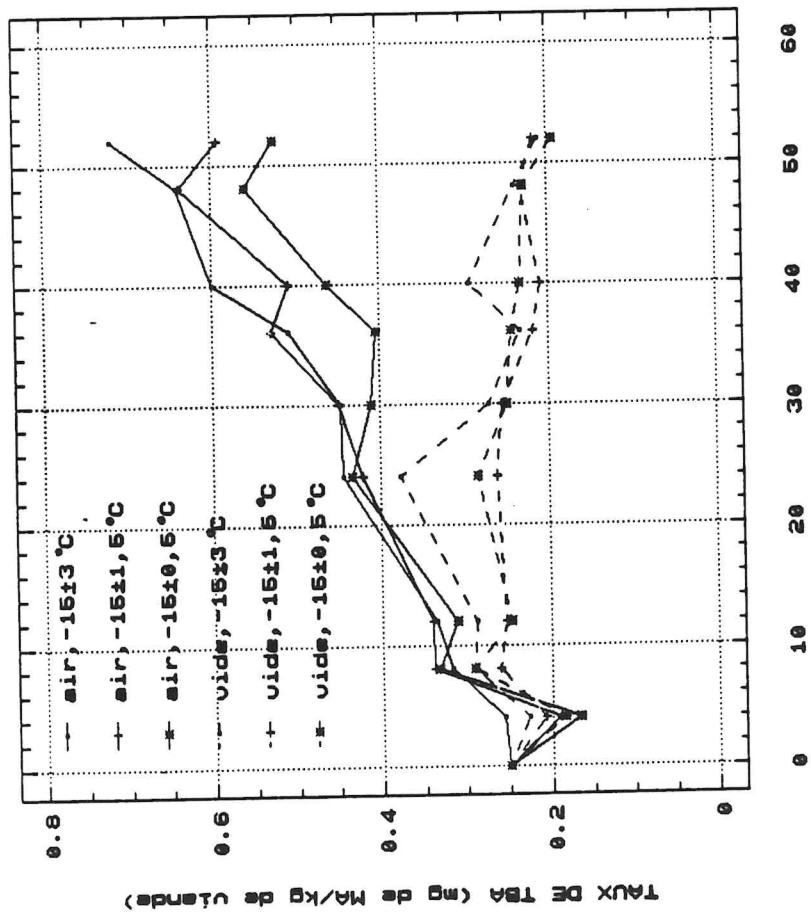
ns : non significative
 * : significative à p<0,05
 ** : significative à p<0,01

Figure II.4.1 EVOLUTION DU TAUX DE TBA DES STEAKS
CAS : CONSERVATION A -20 °C



DUREE DE CONSERVATION, semaines

Figure II.3.1 EVOLUTION DU TAUX DE TBA DES STEAKS
CAS : CONSERVATION A -15 °C



DUREE DE CONSERVATION, semaines

Tableau II.5.3 Evolution du taux de TBA¹ des steaks hachés surgelés au cours de leur stockage

DUREE EN SEMAINES	SOUS AIR			SOUS VIDE		
	-10±0,5	-10±1,5	-10±3	-10±0,5	-10±1,5	-10±3
0	0,251 ^{4a}	0,251 ^{3a}	0,251 ^{2a}	0,251 ^{4a}	0,251 ^{3a}	0,251 ^{2a}
3	0,241 ^{3a}	0,233 ^{3a}	0,304 ^{3b}	0,245 ^{4a}	0,258 ^{3a}	0,243 ^{2a}
6	0,218 ^{2a}	0,247 ^{3b}	0,240 ^{2b}	0,169 ^{1c}	0,172 ^{1c}	0,204 ^{1d}
9	0,198 ^{1a}	0,197 ^{1a}	0,251 ^{2b}	0,195 ^{2a}	0,195 ^{2a}	0,192 ^{1a}
12	0,304 ^{5a}	0,272 ^{2b}	0,292 ^{3ab}	0,203 ^{2c}	0,206 ^{2c}	0,257 ^{2d}
15	0,322 ^{6a}	0,379 ^{4b}	0,500 ^{4c}	0,225 ^{3d}	0,232 ^{3e}	0,282 ^{3f}
18	0,288 ^{5a}	0,209 ^{2b}	0,215 ^{1b}	0,156 ^{1c}	0,189 ^{1b}	0,203 ^{1b}

Les moyennes d'une même ligne affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .
Les moyennes d'une même colonne affectées du même chiffre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si .
1 Taux de TBA = mg de malonaldéhyde/kg de steak.

II.5. Cas de la conservation à -10°C avec la fréquence accélérée

Tableau II.5.1 Analyse globale de la variance de taux de TBA

Facteurs		
Amplitude (A)	**	
Conditionnement (C)	**	
Temps (T)	**	
Interaction		
A x C	ns	
A x T	**	
C x T	**	

Tableau II.5.2 Analyse de la variance des taux de TBA pour chaque séance d'analyse

Facteurs						
SEMAINES	3	6	9	12	15	18
Amplitude (A)	ns	**	**	**	**	**
Conditionnement (C)	**	**	**	**	**	**
Interaction						
A x C	**	**	**	**	**	**

ns : non significative
* : significative à p<0,05
** : significative à p<0,01

II.6 Cas de la simulation en vitrine

Tableau II.6.1 Analyse de la variance du taux de TBA des steaks hachés surgelés pendant l'entreposage à -20±3°C

MOIS	3	6
Facteurs		
Conditionnement (C)	ns	*
Temps (T)	**	**
Interaction		
C x T	ns	ns

Tableau II.6.2 Analyse de la variance du taux de TBA des steaks hachés surgelés au cours de la simulation en vitrine

CAS ¹	SM3/-10	SM3/-15	SM6/-10	SM6/-15
Facteurs				
Conditionnement (C)	**	**	**	**
Temps (T)	**	**	**	**
Interaction				
C x T	**	**	**	**

¹ SM3/-10 : entreposage à -20±3°C pendant 3 mois, et simulation en vitrine à -10±3°C
 SM3/-15 : entreposage à -20±3°C pendant 3 mois, et simulation en vitrine à -15±3°C
 SM6/-10 : entreposage à -20±3°C pendant 6 mois, et simulation en vitrine à -10±3°C
 SM6/-15 : entreposage à -20±3°C pendant 6 mois, et simulation en vitrine à -15±3°C

Figure II.5.1 EVOLUTION DU TAUX DE TBA DES STEAKS CAS : CONSERVATION A -10 °C (FREQUENCE ACCELEREE)

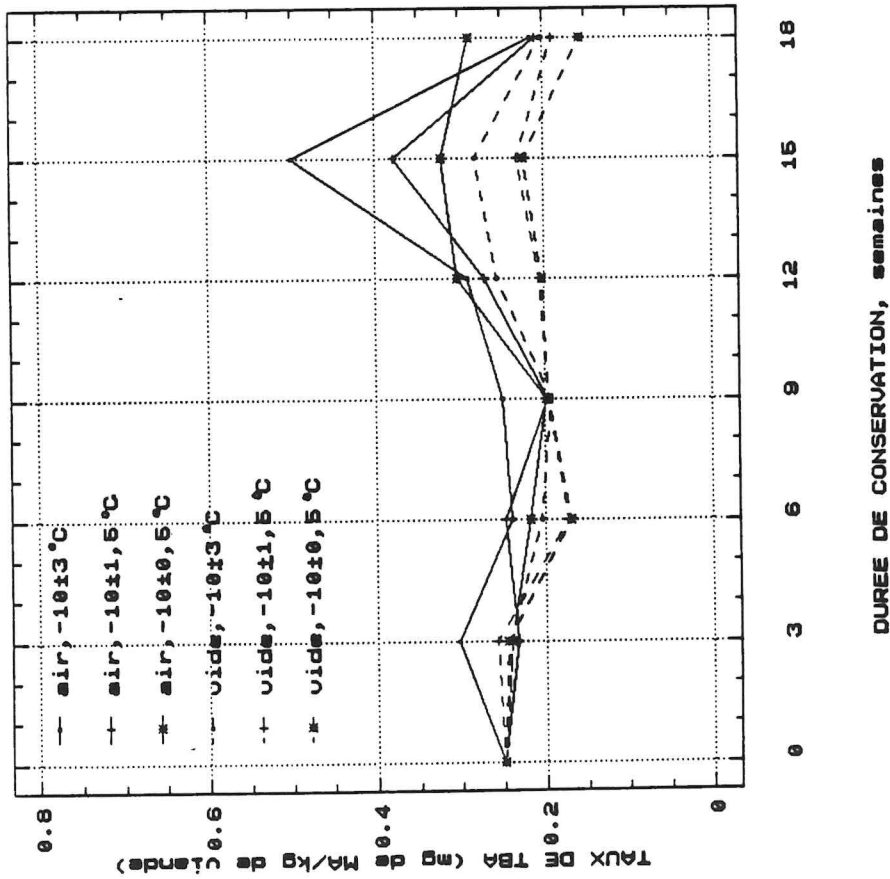


Tableau II.6.3 Evolution du taux de TBA des steaks hachés surgelés au cours de la simulation en vitrine (cas : 3 mois d'entreposage à -20±3°C)

Entreposage à -20±3°C					
Semaines	0	4	8	12	
Taux de TBA	AIR	0,205 ^a	0,236 ^{ab}	0,268 ^b	0,351 ^c
	VIDE	0,205 ^a	0,236 ^b	0,251 ^b	0,326 ^c

Simulation en vitrine à -10±3°C					
Semaines	3	6	9		
Taux de TBA	AIR	0,449 ^d	0,625 ^e	0,634 ^e	
	VIDE	0,252 ^b	0,343 ^c	0,343 ^c	

Simulation en vitrine à -15±3°C					
Semaines	3	6	9		
Taux de TBA	AIR	0,553 ^f	0,765 ^g	0,799 ^g	
	VIDE	0,319 ^c	0,485 ^b	0,519 ^b	

Les moyennes affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si^e.

Tableau II.6.4 Evolution du taux de TBA des steaks hachés surgelés au cours de la simulation en vitrine (cas : 6 mois d'entreposage à -20±3°C)

Entreposage à -20±3°C						
Semaines	0	4	8	12	24	
Taux de TBA	AIR	0,205 ^a	0,236 ^{ab}	0,268 ^b	0,351 ^c	0,491 ^d
	VIDE	0,205 ^a	0,236 ^b	0,251 ^b	0,326 ^c	0,440 ^f

Simulation en vitrine à -10±3°C					
Semaines	3	6	9		
Taux de TBA	AIR	1,180 ^g	0,922 ^h	0,768 ⁱ	
	VIDE	0,357 ^c	0,304 ^c	0,247 ^b	

Simulation en vitrine à -15±3°C					
Semaines	3	6	9		
Taux de TBA	AIR	0,693 ^l	0,863 ^m	0,892 ^m	
	VIDE	0,416 ^f	0,330 ^e	0,323 ^e	

Les moyennes affectées de la même lettre en exposant sont équivalentes à p<0,05 ou p<0,01 si^e.

Figure II.6.1 EVOLUTION DU TAUX DE TBA DES STEAKS
CAS : SIMULATION EN VITRINE (3 MOIS DE STOCKAGE)

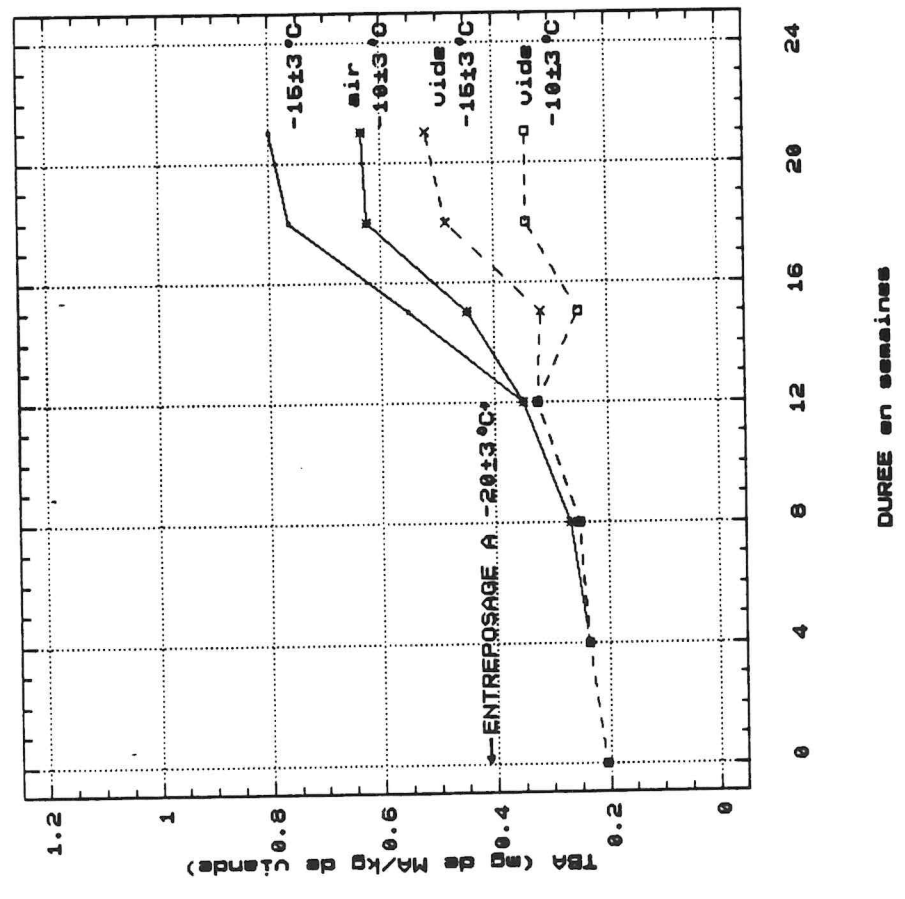
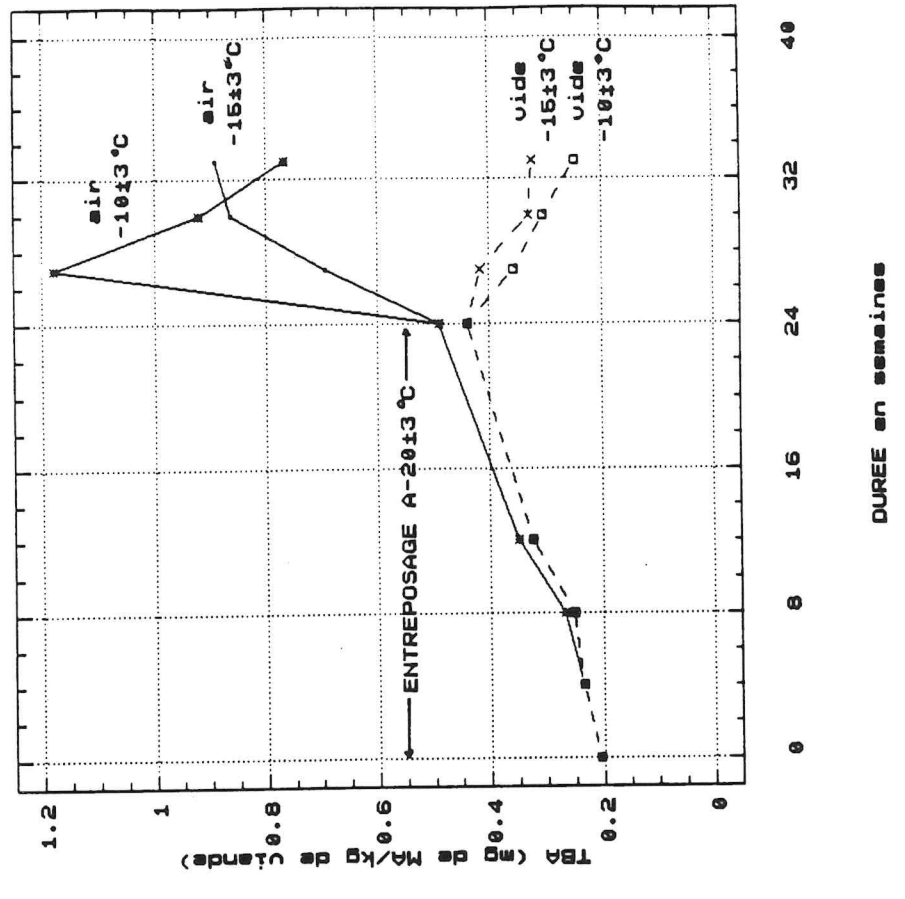


Figure II.6.2 EVOLUTION DU TAUX DE TBA DES STEAKS
CAS : SIMULATION EN VITRINE (6 MOIS DE STOCKAGE)



A N N E X E I I I

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

III.1 Cas de la conservation à -10°C

Tableau III.1.1 Dénombrement des germes des steaks hachés surgelés au début et à la fin de la période de conservation

CAS	M.A. /g	E.coli /g	A.S.R. /g	S. aureus /g	Salmonella /25 g	APPRECIATION
Témoïn J = 0	1x10 ⁴	<100	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
Témoïn J=12 semaines	3.5x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -10±3 °C	1.1x10 ⁵	<10	<10	<100	absence	acceptable cl.1: 2 steaks cl.2: 1 steak
air, isolé à -10±3 °C	4.1x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide non-isolé à -10±3 °C	2.5x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -10±3 °C	3.1x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -10±0,5°C	4.6x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, isolé à -10±0,5°C	1.1x10 ⁵	<10	<10	<100	absence	acceptable cl.1: 2 steaks cl.2: 1 steak
vide non-isolé à -10±0,5°C	3.1x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -10±0,5°C	2.4x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks

M.A. : micro-organismes aérobies cultivant à 30°C
A.S.R. : anaérobies sulfito-réducteurs

III.2 Cas de la conservation à -15°C

Tableau III.2.1 Dénombrement des germes des steaks hachés surgelés au début et à la fin de la période de conservation

CAS	M.A. /g	E.coli /g	A.S.R. /g	S. aureus /g	Salmonella /25 g	APPRECIATION
Témoïn J = 0	1x10 ⁴	<100	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
Témoïn J = 12 mois	3.0x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -15±3 °C	4.1x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, isolé à -15±3 °C	7.1x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide non-isolé à -15±3 °C	8.0x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -15±3 °C	5.8x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -15±0,5°C	6.6x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, isolé à -15±0,5°C	3.7x10 ³	<10	<10	<100	absence	acceptable cl.1: 3 steaks
vide non-isolé à -15±0,5°C	13x10 ⁵	<10	<10	<100	absence	acceptable cl.1: 2 steaks cl.2: 1 steak
vide, isolé à -15±0,5°C	3.7x10 ³	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks

M.A. : micro-organismes aérobies cultivant à 30°C
A.S.R. : anaérobies sulfito-réducteurs

III.3. Cas de la conservation à -20°C

Tableau III.3.1 Dénombrement des germes des steaks hachés surgelés au début et à la fin de la période de conservation

CAS	M.A. /g	E. coli /g	A.S.R. /g	S. aureus /g	Salmonella /25 g	APPRECIATION
Témoin J = 0	1x10 ⁴	<100	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
Témoin J = 15 mois	6.7x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -20±3 °C	8.1x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, isolé à -20±3 °C	6.0x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide non-isolé à -20±3 °C	7.0x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -20±3 °C	6.1x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -20±0,5°C	5.3x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, isolé à -20±0,5°C	6.6x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide non-isolé à -20±0,5°C	5.9x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -20±0,5°C	6.2x10 ²	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks

M.A. : micro-organismes aérobies cultivant à 30°C
A.S.R. : anaérobies sulfito-réducteurs

III.4 Cas de la conservation à -10°C (Fréquence accélérée)

Tableau III.4.1 Dénombrement des germes des steaks hachés surgelés au début et à la fin de la période de conservation

CAS	M.A. /g	E. coli /g	A.S.R. /g	S. aureus /g	Salmonella /25 g	APPRECIATION
Témoin J = 0	1x10 ⁴	<100	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
Témoin J=12 semaines	4.9x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -10±3 °C	1x10 ⁵	<10	<10	<100	absence	acceptable cl.1: 2 steaks cl.2: 1 steak
air, isolé à -10±3 °C	4.7x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide non-isolé à -10±3 °C	3.7x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -10±3 °C	3.3x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, non-isolé à -10±0,5°C	6x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
air, isolé à -10±0,5°C	1.2x10 ⁵	<10	<10	<100	absence	acceptable cl.1: 2 steaks cl.2: 1 steak
vide non-isolé à -10±0,5°C	2.7x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks
vide, isolé à -10±0,5°C	1.8x10 ⁴	<10	<10	<100	absence	satisfaisant cl.1: 3 steaks

M.A. : micro-organismes aérobies cultivant à 30°C
A.S.R. : anaérobies sulfito-réducteurs

A N N E X E I V

PERTE DE MASSE

IV.1 Cas de la conservation à -10°C

Tableau IV.1.1 Pourcentage de perte de masse des steaks hachés surgelés au cours de la conservation à -10°C

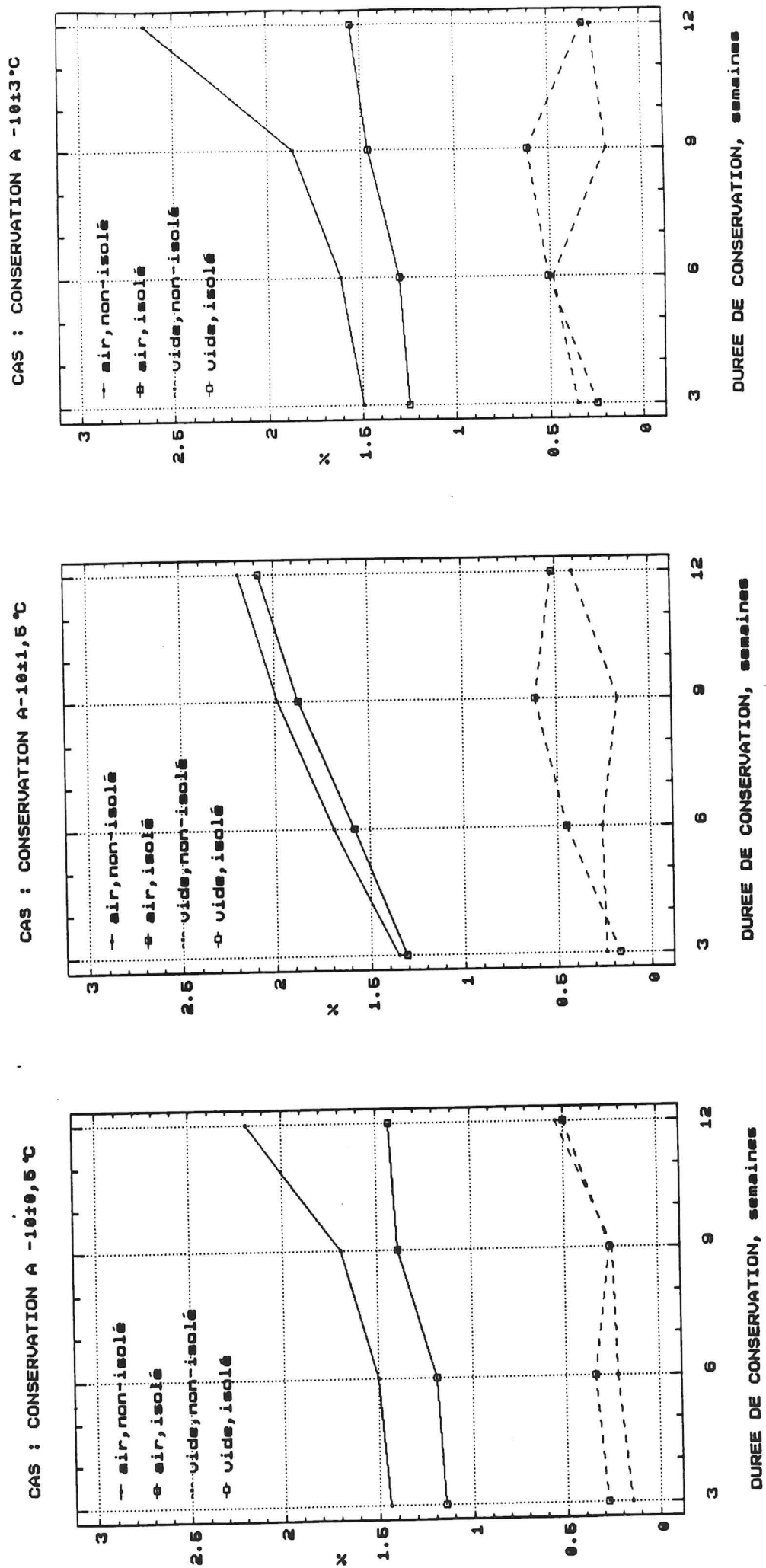
DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,44 (0,46) ^a	1,05 (0,34)	0,15 (0,03)	0,28 (0,20)
6	1,50 (0,11)	1,19 (0,48)	0,22 (0,03)	0,34 (0,18)
9	1,69 (0,52)	1,39 (0,38)	0,24 (0,08)	0,26 (0,08)
12	2,19 (0,98)	1,43 (0,18)	0,54 (0,18)	0,50 (0,12)

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,49 (0,21) ^a	1,25 (0,12)	0,35 (0,38)	0,25 (0,17)
6	1,61 (0,48)	1,30 (0,19)	0,48 (0,51)	0,51 (0,44)
9	1,86 (0,55)	1,46 (0,13)	0,19 (0,02)	0,61 (0,27)
12	2,66 (0,40)	1,55 (0,21)	0,27 (0,17)	0,31 (0,16)

^a = écart-type.

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,35 (0,14) ^a	1,31 (0,18)	0,24 (0,04)	0,17 (0,08)
6	1,69 (0,28)	1,58 (0,37)	0,26 (0,11)	0,45 (0,03)
9	1,98 (0,66)	1,87 (0,44)	0,17 (0,03)	0,61 (0,42)
12	2,19 (0,80)	2,08 (0,28)	0,41 (0,22)	0,52 (0,21)

Figure IV.1.1.1 EVOLUTION DE LA PERTE DE MASSE (en %) DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE



IV.2 Cas de la conservation à -15°C

Tableau IV.2.1 Pourcentage de perte de masse des steaks hachés surgelés au cours de la conservation à -15°C

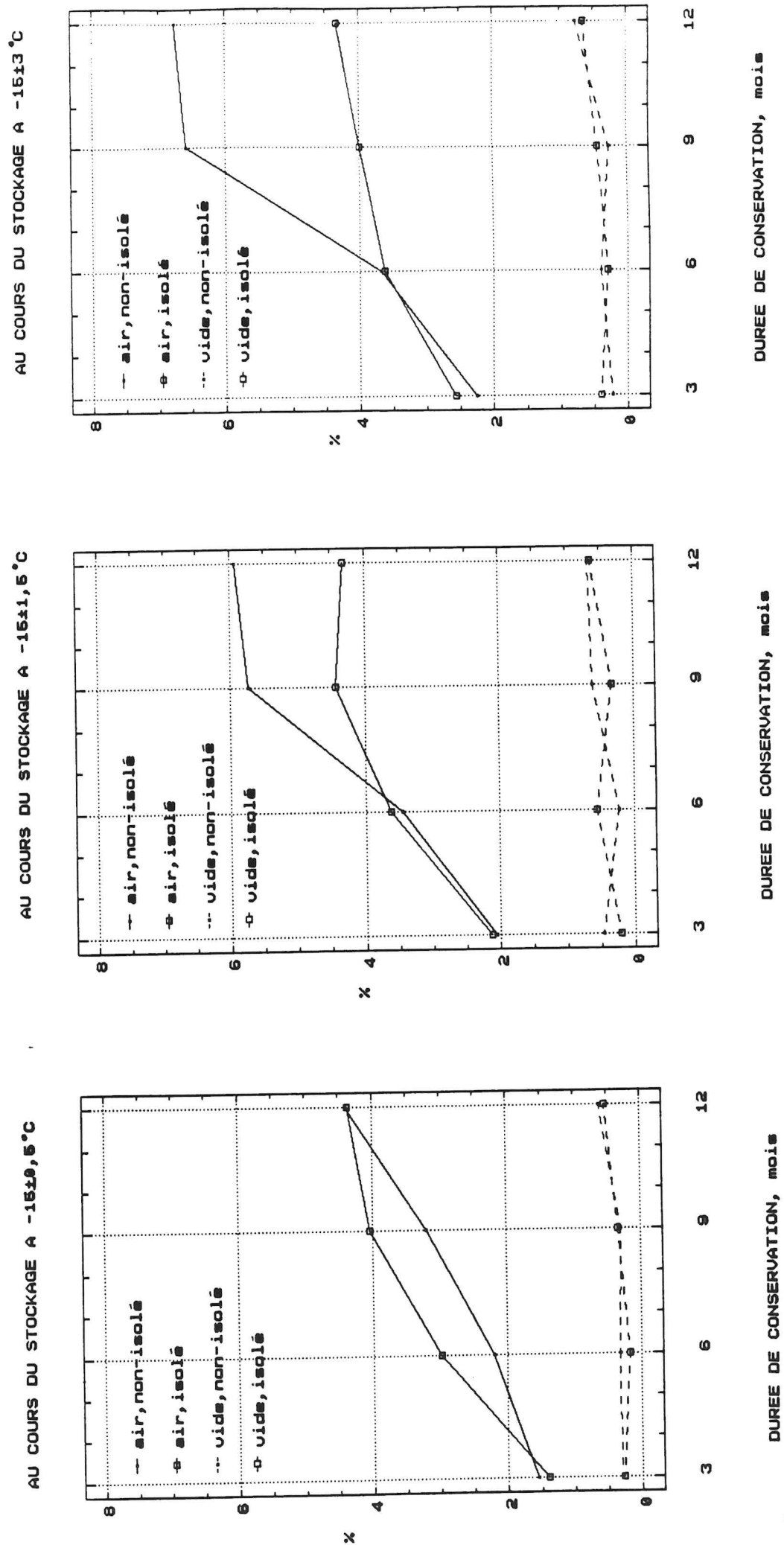
DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -15±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,56 (0,98) ^a	1,40 (0,68)	0,31 (0,08)	0,28 (0,24)
6	2,20 (0,88)	2,99 (1,00)	0,32 (0,05)	0,18 (0,10)
9	3,20 (0,92)	4,03 (0,50)	0,31 (0,08)	0,35 (0,05)
12	4,39 (1,15)	4,36 (0,87)	0,61 (0,10)	0,53 (0,11)

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -15±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	2,26 (0,47) ^a	2,57 (0,41)	0,24 (0,09)	0,40 (0,29)
6	3,68 (0,38)	3,63 (0,40)	0,41 (0,04)	0,31 (0,17)
9	6,59 (1,87)	4,00 (0,60)	0,28 (0,05)	0,44 (0,15)
12	6,76 (0,43)	4,34 (0,15)	0,77 (0,08)	0,66 (0,15)

a = écart-type

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -15±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	2,06 (0,68) ^a	2,14 (0,92)	0,48 (0,05)	0,22 (0,22)
6	3,46 (0,68)	3,63 (0,48)	0,23 (0,10)	0,56 (0,07)
9	5,73 (0,87)	4,43 (0,41)	0,61 (0,08)	0,33 (0,12)
12	5,93 (0,51)	4,32 (0,65)	0,67 (0,18)	0,64 (0,20)

Figure IV.2.1 EVOLUTION DE LA PERTE DE MASSE (en %) DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE



IV.3 Cas de la conservation à -20°C

Tableau IV.3.1 Pourcentage de perte de masse des steaks hachés surgelés au cours de la conservation à -20°C

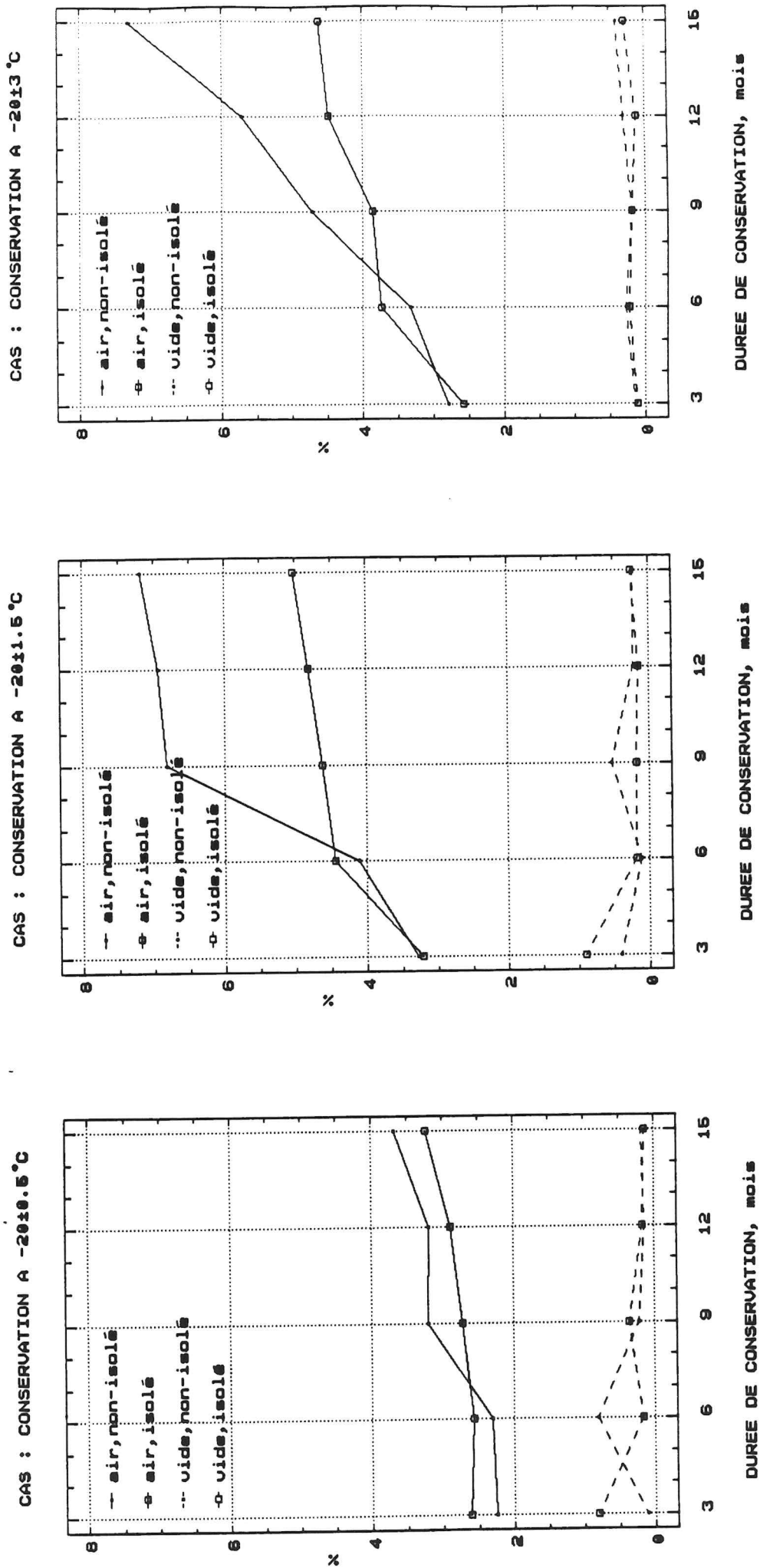
DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	2,24 (0,74) ^a	2,61 (0,31)	0,10 (0,10)	0,80 (0,01)
6	2,30 (0,50)	2,57 (0,21)	0,80 (0,04)	0,16 (0,05)
9	3,20 (0,42)	2,71 (0,21)	0,22 (0,11)	0,35 (0,18)
12	3,19 (0,78)	2,88 (0,28)	0,13 (0,01)	0,16 (0,01)
15	3,68 (0,88)	3,23 (0,33)	0,18 (0,01)	0,14 (0,03)

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	2,79 (0,35) ^a	2,58 (0,48)	0,13 (0,01)	0,10 (0,01)
6	3,32 (0,84)	3,73 (0,82)	0,27 (0,02)	0,22 (0,01)
9	4,71 (0,74)	3,86 (0,45)	0,19 (0,11)	0,19 (0,10)
12	5,71 (1,05)	4,48 (0,38)	0,30 (0,30)	0,12 (0,01)
15	7,33 (0,82)	4,62 (0,48)	0,40 (0,01)	0,29 (0,01)

a = écart-type

DUREE EN MOIS	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -20±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	3,29 (0,83) ^a	3,21 (0,42)	0,40 (0,01)	0,90 (0,01)
6	4,10 (0,87)	4,44 (0,58)	0,11 (0,10)	0,17 (0,01)
9	6,81 (0,58)	4,62 (0,53)	0,52 (0,18)	0,18 (0,04)
12	6,94 (0,40)	4,82 (1,01)	0,22 (0,03)	0,15 (0,05)
15	7,19 (0,88)	5,02 (0,84)	0,21 (0,01)	0,24 (0,13)

Figure IV.3.1 EVOLUTION DE LA PERTE DE MASSE (en %) DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE



IV.4 Cas de la conservation à -10°C (fréquence accélérée)

Tableau IV.4.1 Pourcentage de perte de masse des steaks hachés surgelés au cours de la conservation à -10°C (Fréquence accélérée)

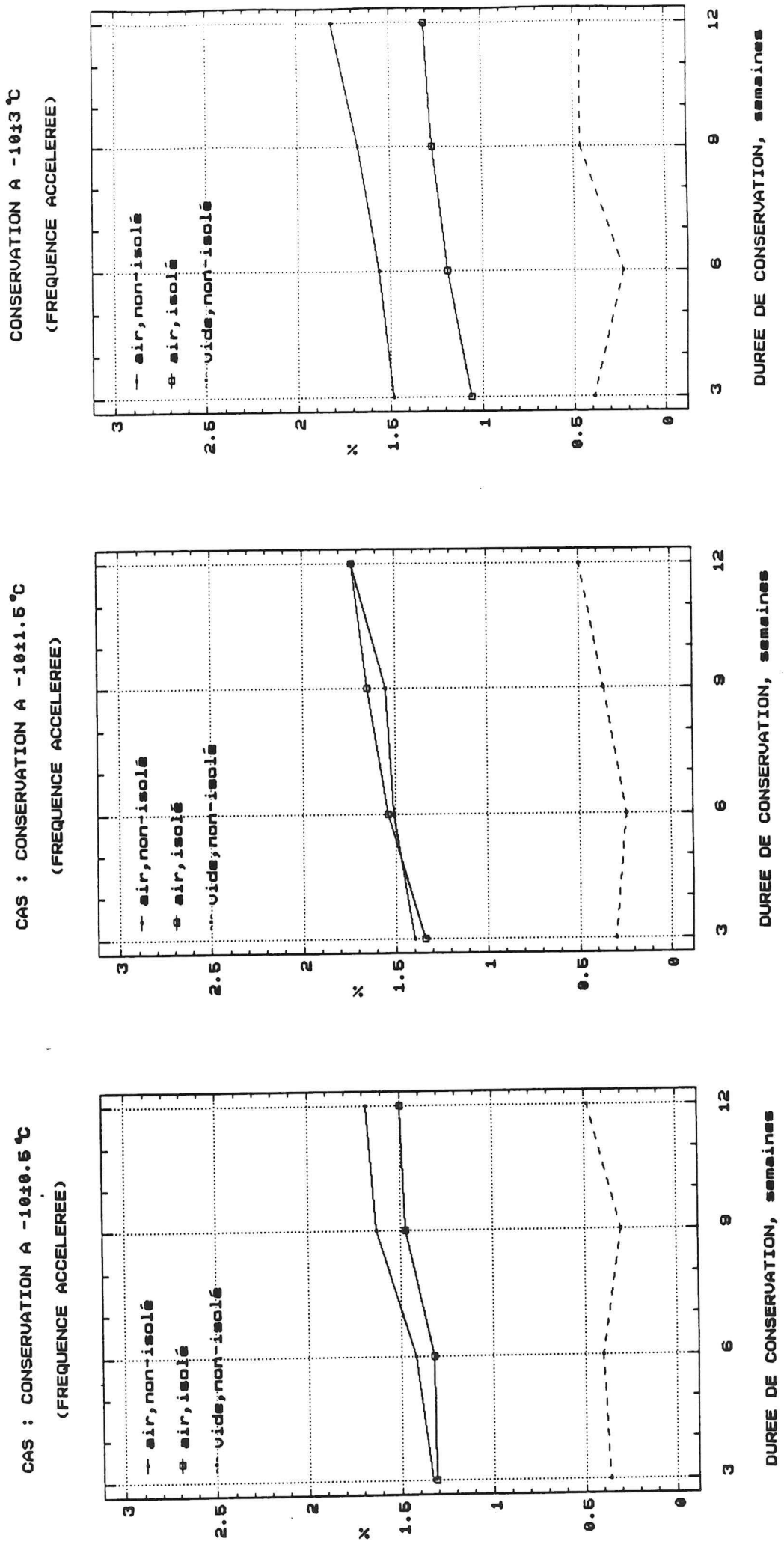
DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±0,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,33 (0,35) ^a	1,31 (0,10)	0,36 (0,04)	
6	1,42 (0,38)	1,32 (0,20)	0,40 (0,25)	
9	1,63 (0,34)	1,47 (0,42)	0,30 (0,13)	
12	1,68 (0,34)	1,50 (0,29)	0,48 (0,18)	

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±3 °C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,48 (0,21) ^a	1,06 (0,25)	0,39 (0,20)	
6	1,56 (0,41)	1,19 (0,30)	0,23 (0,04)	
9	1,67 (0,51)	1,27 (0,19)	0,46 (0,11)	
12	1,81 (0,48)	1,31 (0,38)	0,46 (0,24)	

^a = écart-type

DUREE EN SEMAINES	TEMPERATURE DE CONSERVATION = -10±1,5°C			
	sous air non-isolé	sous air isolé	sous vide non-isolé	sous vide isolé
3	1,40 (0,15) ^a	1,34 (0,27)	0,30 (0,10)	
6	1,51 (0,34)	1,54 (0,11)	0,24 (0,16)	
9	1,55 (0,24)	1,65 (0,41)	0,36 (0,20)	
12	1,73 (0,68)	1,73 (0,47)	0,50 (0,19)	

Figure IV.4.1 EVOLUTION DE LA PERTE DE MASSE (en %) DES STEAKS HACHES SURGELES AU COURS DU STOCKAGE



A N N E X E V

ANALYSE DE VARIANCE

ANALYSE DE VARIANCE

Tableau V.1 Notation algébrique d'une analyse de variance en bloc avec k traitements et b répétitions.

Traitements $i = 1, \dots, k$	Répétitions, $j = 1, \dots, b$		Somme	Moyenne
	1 j b	
1	Y_{11}	Y_{1j}	Y_{1b}	$\bar{Y}_{1.}$
2	Y_{21}	Y_{2j}	Y_{2b}	$\bar{Y}_{2.}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	Y_{11}	Y_{1j}	Y_{1b}	$\bar{Y}_{1.}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k	Y_{k1}	Y_{kj}	Y_{kb}	$\bar{Y}_{k.}$
Somme	$T_{.1}$	$T_{.j}$	$T_{.b}$	$T_{..}$
Moyenne	$\bar{Y}_{.1}$	$\bar{Y}_{.j}$	$\bar{Y}_{.b}$	$\bar{Y}_{..}$

d'où

Y_{ij} = donnée située dans la $i^{\text{ème}}$ ligne (traitement) et la $j^{\text{ème}}$ colonne (répétition)

$\bar{Y}_{i.}$ = moyenne du $i^{\text{ème}}$ traitement

$\bar{Y}_{.j}$ = moyenne de la $j^{\text{ème}}$ répétition

$T_{i.}$ = total du $i^{\text{ème}}$ traitement

$T_{.j}$ = total de la $j^{\text{ème}}$ répétition

$T_{..}$ = total global

$\bar{Y}_{..}$ = moyenne générale

Lorsque nous faisons une expérience comprenant plusieurs traitements à étudier, nous voulons savoir si les moyennes obtenues à partir des différents traitements sont statistiquement différentes. Cela peut être testé par 2 moyens :

1. Test t : pour 2 traitements à tester.
2. Analyse de variance : pour plusieurs traitements.

L'analyse de variance permet de tester si les effets des traitements sont identiques ou non. En terme statistique, c'est rechercher si l'effet "Traitement" est significatif ou non (bien évidemment avec un certain risque d'erreur).

La méthode de l'analyse de variance utilisée dans notre étude est celle de BLOCS RANDOMISES.

BLOCS RANDOMISES

Si lors d'une expérience, il y a k traitements à comparer, il faudra d'abord former des groupes de k unités expérimentales, souvent appelés "Répétition". Les unités d'une même répétition doivent, autant que possible, réagir de la même façon aux traitements. Chaque traitement est ensuite affecté au hasard à une unité (ou parcelle) de chaque répétition. Ce plan d'expérience est appelé "blocs randomisés" ou plus brièvement "blocs". Chaque répétition forme un bloc.

Lorsque nous comparons des traitements selon un dispositif en bloc, le modèle mathématique retenu est celui dit de construction additif ; le rendement espéré d'une parcelle de l'essai est le résultat de l'addition d'un effet du traitement et d'un effet du bloc, avec en plus, bien évidemment un effet moyen du champ. Ce modèle s'écrit donc :

$$\mu_{1j} = \mu + \alpha_1 + \beta_j$$

où

μ_{1j} = rendement espéré d'une parcelle de l'essai

μ = moyenne générale de l'essai

α_1 = effet du traitement 1

β_j = effet de la répétition j

De plus

$$Y_{1j} = \mu_{1j} + \epsilon_{1j}$$

ϵ_{1j} représente l'écart entre le rendement mesuré et le rendement obtenu par le modèle.

Nous obtenons donc :

$$Y_{1j} = \mu + \alpha_1 + \beta_j + \epsilon_{1j}$$

Nous adoptons souvent la convention suivante:

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i = 0 \quad \text{et} \quad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0$$

Ce modèle implique deux hypothèses de base :

1. Le modèle mathématique ($\mu + \alpha_1 + \beta_j$) implique que les lignes et les colonnes ont des effets additifs. Les erreurs expérimentales mises à part, la différence entre les effets des traitements 1 et 2 de la répétition j est égale à :

$$(\mu + \alpha_1 + \beta_j) - (\mu + \alpha_2 + \beta_j) = \alpha_1 - \alpha_2$$

Cette différence est la même pour toutes les répétitions. Cependant, nous ne sommes jamais sûrs que les lignes et les colonnes aient des effets additifs, mais le modèle additif est utilisé à cause de sa simplicité et parce qu'il est souvent une bonne approximation de relation plus complexe.

2. Les ϵ_{1j} sont des variables aléatoires indépendantes qui suivent une distribution normale de moyenne nulle et la variance σ^2 . Elles représentent les écarts dus aux erreurs expérimentales séparant le modèle aux valeurs expérimentales.

Par la définition :

$$\mu_{1.} = \frac{\sum_{j=1}^b \mu_{1j}}{b}$$

$$\mu_{.j} = \frac{\sum_{i=1}^k \mu_{ij}}{k}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b \mu_{ij}}{kb}$$

Test de l'effet du traitement

Hypothèse nulle $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_1 = \dots = \mu_k = \mu$

Hypothèse alternative $H_1 : \text{les } \mu_i \text{ ne sont pas tous égaux.}$

Test de l'effet de la répétition

Hypothèse nulle $H_0 : \mu_{.1} = \mu_{.2} = \dots = \mu_{.j} = \dots = \mu_{.b} = \mu$

Hypothèse alternative $H_1 : \text{les } \mu_{.j} \text{ ne sont pas tous égaux.}$

Rappelons la convention :

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i = 0 \quad \text{et} \quad \sum_{j=1}^b \beta_j = 0$$

nous pouvons écrire :

$$\begin{aligned} \mu_{i.} &= \frac{\sum_{j=1}^b (\mu + \alpha_i + \beta_j)}{b} \\ &= \mu + \alpha_i \end{aligned}$$

$$\mu_{.j} = \frac{\sum_{i=1}^k (\mu + \alpha_i + \beta_j)}{k}$$

$$= \mu + \beta_j$$

Les hypothèses pour tester l'effet du traitement deviennent équivalentes aux hypothèses suivantes :

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_1 = \dots = \alpha_k = 0$$

$H_1 : \text{au moins un des } \alpha_i \text{ n'est pas nul}$

De la même façon pour les hypothèses de l'effet de la répétition :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = \dots = \beta_b = 0$$

$H_1 : \text{au moins un des } \beta_j \text{ n'est pas nul.}$

La vérification des hypothèses se fait par la comparaison des estimations de variance σ^2 . Ces estimations de variance se calculent à partir des décomposants de la somme des carrés des écarts (S.C.E.) selon l'identité algébrique suivante :

$$\text{S.C.E. Totale} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$$

$$\text{S.C.E. Traitement (A)} = b \sum_{i=1}^k (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2$$

$$\text{S.C.E. Répétition (B)} = k \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2$$

$$\text{S.C.E. Résiduelle (C)} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})^2$$

$$\text{S.C.E. Totale} = A + B + C$$

Notre première estimation de σ^2 , basée sur $(k-1)$ degrés de liberté (ddl), est calculée par :

$$s_1^2 = \frac{\text{S.C.E. Traitement}}{(k-1)}$$

s_1^2 , carré moyen de traitement, est l'estimation de σ^2 sans biais des effets des traitements, si ces derniers sont tous égaux à zéro.

Si non, nous aurons une surestimation de σ^2 :

$$E \left[\frac{\text{S.C.E. Traitement}}{k-1} \right] = \sigma^2 + \frac{b \sum_{i=1}^k \alpha_i^2}{(k-1)}$$

La seconde estimation de σ^2 est basée sur $(b-1)$ ddl :

$$s_2^2 = \frac{\text{S.C.E. Répétition}}{(b-1)}$$

σ^2 est estimée sans biais des effets des répétitions si $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = \dots = \beta_b = 0$. Sinon la surestimation de σ^2 se produit par :

$$E \left[\frac{\text{S.C.E. Répétition}}{b-1} \right] = \sigma^2 + \frac{k \sum_{j=1}^b \beta_j^2}{(b-1)}$$

Pour faciliter les calculs, les S.C.E. peuvent s'écrire de la façon suivante :

$$\text{Si Terme correctif } C = (T_{..})^2 / kb$$

$$\text{S.C.E. Totale} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b (Y_{ij})^2 - C$$

$$\text{S.C.E. Traitement} = \frac{\sum_{i=1}^k (T_{i.})^2}{b} - C$$

$$\text{S.C.E. Répétition} = \frac{\sum_{j=1}^b (T_{.j})^2}{k} - C$$

Les espérances des S.C.E. des traitements, répétitions et résidu sont données par :

$$E(\text{S.C.E. Traitement}) = (k-1) \sigma^2 + b \sum_{i=1}^k \alpha_i^2$$

$$E(\text{S.C.E. Répétition}) = (b-1) \sigma^2 + k \sum_{j=1}^b \beta_j^2$$

$$E(\text{S.C.E. Résiduelle}) = (b-1)(k-1) \sigma^2$$

Tableau V.2 Analyse de variance de blocs randomisés

Source de variation	S.C.E.	ddl	Carrés moyens	Test F
Traitement	A	k - 1	$s_1^2 = A / (k-1)$	$f_1 = s_1^2 / s^2$
Répétition	B	b - 1	$s_2^2 = B / (b-1)$	$f_2 = s_2^2 / s^2$
Résiduelle	C	(k-1)(b-1)	$s^2 = C / (k-1)(b-1)$	
Total	A+B+C	kb - 1		

La troisième estimation de σ^2 , basée sur $(k - 1)(b - 1)$ ddl et indépendante de s_1^2 et s_2^2 , est calculée par :

$$s^2 = \frac{\text{S.C.E. Résiduelle}}{(k - 1)(b - 1)}$$

s^2 est une estimation sans biais de σ^2 quelle que soit l'hypothèse acceptée.

L'hypothèse nulle de l'effet du traitement est testée par le rapport de la variance (ou carré moyen) du traitement et de la variance résiduelle.

$$f_1 = \frac{s_1^2}{s^2}$$

Ce rapport, f_1 , suit une loi de FISHER. L'hypothèse nulle est rejetée avec un risque α si $f_1 > f_{\alpha} [ddl (k-1), (k-1)(b-1)]$.

De la même façon pour l'hypothèse nulle de l'effet de la répétition, nous définissons un rapport f_2 :

$$f_2 = \frac{s_2^2}{s^2}$$

Si $f_2 > f_{\alpha} [ddl (b-1), (k-1)(b-1)]$, H_0 est rejetée.

L'analyse de variance de blocs randomisés est résumée dans le tableau V.2.

TEST DE LA DIFFERENCE DE MOYENNES

Après avoir rejeté l'hypothèse d'égalité de l'ensemble des moyennes des traitements, il est utile de poursuivre l'analyse en recherchant les moyennes significativement différentes et celles qui ne le sont pas. Nous utilisons le test de NEMMAN-KEULS pour les analyses.

Ce test permet de constituer des groupes homogènes de traitements ; ainsi les traitements appartenant à un groupe donné sont considérés comme non différents pour un risque choisi ($\alpha=0,5$ par exemple)

Tableau V.3 Analyse de variance du cas de la conservation à -15±3°C pour la caractéristique RANCE après 12 mois de conservation.

Source de variation	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F	Prob
Dégustateur	893,72	7	127,67	1,360	,2731
Conditionnement	2190,59	3	730,20	7,775	,0011
Résiduelle	1972,16	21	93,92		
Total	5056,49	31			

Note Le facteur "conditionnement" est significatif à $p < 0,01$, tandis que le facteur "dégustateur" ne l'est pas.

Facteur Conditionnement

Méthode Libelles	PPDS à $p < 0,05$	
	Moyenne	groupes homogènes
VI	50,00	*
VN	53,38	*
AN	65,50	*
AI	70,00	*

Note Les libelles VI et VN ne sont pas différents, de même que AN et AI. Mais VN et VI sont différents de AN et AI.

La constitution des groupes homogènes se fait à partir des plus petites différences significatives (PPDS). Lorsque la différence observée entre les moyennes extrêmes d'un groupe de k moyennes est inférieure à la PPDS d'un risque α , nous déclarons que ces k moyennes constituent un groupe homogène.

La PPDS se calcule de la façon suivante :

$$PPDS = t_{\alpha} \times \sqrt{\frac{2 \times \text{Variance résiduelle}}{\text{nombre de répétition}}}$$

où t_{α} est la valeur t (t -distribution) avec le degré de liberté $(k-1)(b-1)$, au risque α .

L'analyse de variance de blocs randomisés est employée dans notre étude pour tester l'effet d'un facteur, par exemple le conditionnement ou la durée de la conservation, sur les moyennes des notes données par les dégustateurs, représentant la répétition ou le bloc. Nous présentons 2 exemples de résultats de l'analyse de variance d'une part pour l'effet du conditionnement (voir tableau V.3), d'autre part pour l'effet de la durée de conservation (voir tableau V.4).

INTERACTIONS ENTRE DEUX FACTEURS EXPERIMENTAUX

Dans le bloc randomisé modèle décrit auparavant, les effets du bloc et du traitement sont indépendants. C'est que l'effet de l'interaction bloc-traitement est nul. Cependant, dans certains cas, l'interaction se produit, puis influe sur le calcul du carré moyen résiduel (s^2). Si c'est le cas, il faudra observer l'effet de chaque facteur en fixant l'autre à un niveau.

Le modèle mathématique devient :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Note N1 le facteur "temps", ni le facteur "dégustateur" ne sont significatifs.

Tableau V.4 Analyse de variance du cas de la conservation à -15°C pour la caractéristique RANCE des steaks conditionnés sous air, isolé

Source de variation	S.C.E.	ddl	Carrés moyens	Test F	Prob
Dégustateur	621,46	7	88,78	0,855	,5561
Temps	234,09	3	78,03	0,755	,5336
Résiduelle	2180,16	21	103,82		
Total	3035,72	31			

L'espérance du carré moyen résiduel est donnée par :

$$E \left[\frac{\text{S.C.E. Résiduelle}}{(b-1)(k-1)} \right] = \sigma^2 + \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij}^2}{(b-1)(k-1)}$$

Cette équation montre clairement que le carré moyen résiduel comprend non seulement la variation due à l'erreur expérimentale mais, aussi la variation due à l'interaction. Pour séparer celle dernière de la S.C.E. Résiduelle, nous devons calculer la S.C.E. de l'interaction, puis l'introduire dans la S.C.E. totale.

Facteur	Temps	PPDS à p<0,05	
		Moyenne	groupes homogènes
Méthode			
Libelles			
6		75,38	*
9		75,38	*
3		77,63	*
12		82,00	*

EXPERIENCE A DEUX FACTEURS AVEC L'INTERACTION

Pour présenter les formules générales de l'analyse de variance à 2 facteurs, nous définissons le facteur A avec a niveaux (i = 1, ..., a), le facteur B avec b niveaux (j = 1, ..., b) et chaque combinaison ij, il y a n répétitions (k = 1, ..., n).

En faisant la somme de répétition pour chaque combinaison ij, T_{ij.}, nous obtenons le tableau V.5.

Tableau V.5 Expérience à 2 facteurs après l'addition des n répétitions

A	B			Somme
	1	2	... j ... b	
1	T _{11.}	T _{12.}	... T _{1j.} ... T _{1b.}	T _{1...}
2	T _{21.}	T _{22.}	... T _{2j.} ... T _{2b.}	T _{2...}
...				
1	T _{11.}	T _{12.}	... T _{1j.} ... T _{1b.}	T _{1...}
...				
a	T _{a1.}	T _{a2.}	... T _{aj.} ... T _{ab.}	T _{a...}
Somme	T _{.1.}	T _{.2.}	... T _{.j.} ... T _{.b.}	T _{...}

Le modèle additif est toujours retenu :

$$\mu_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij}$$

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

avec la convention suivante

$$\sum_{i=1}^a \alpha_i = 0, \sum_{j=1}^b \beta_j = 0, \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ et } \sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

Les 3 hypothèses de test sont :

- H₀ : α₁ = α₂ = ... = α_i = ... = α_a = 0
H₁ : au moins un des α_i n'est pas nul
- H₀ : β₁ = β₂ = ... = β_j = ... = β_b = 0
H₁ : au moins un des β_j n'est pas nul.
- H₀ : (αβ)₁ = (αβ)₂ = ... = (αβ)_{ij} = ... = (αβ)_{ab} = 0
H₁ : au moins un des (αβ)_{ij} n'est pas nul.

Le calcul des S.C.E. est donné par :

Terme correctif C = (T_{...})²/abn

S.C.E. Totale = $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (Y_{ijk})^2 - C$ (1)

S.C.E. (A) = $\frac{\sum_{i=1}^a (T_{i..})^2}{bn} - C$ (2)

S.C.E. (B) = $\frac{\sum_{j=1}^b (T_{.j.})^2}{an} - C$ (3)

S.C.E. (AB) = $\frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (T_{ij.})^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a (T_{i..})^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b (T_{.j.})^2}{an} + C$ (4)

S.C.E. Résiduelle (5) = (1) - (2) - (3) - (4)

Tableau V.8 Conditionnement x Dégustateur

Dégustateur	C x D					Somme
	Conditionnement					
	AN	AI	VN	VI		
D ₁	18	19	14	13		64
D ₂	16	17	12	14		59
D ₃	19	18	16	17		70
D ₄	18	17	16	10		61
D ₆	17	17	13	9		56
Somme	88	88	71	63		310
Moyenne	8,80	8,80	7,10	6,30		

$$\text{Sous-total S.C.E.} = \frac{(18)^2 + (16)^2 + \dots + (9)^2}{2} - C$$

$$= 78,50$$

$$\text{S.C.E. de C} = \frac{(88)^2 + (88)^2 + (71)^2 + (63)^2}{10} - C$$

$$= 47,30$$

$$\text{S.C.E. de D} = \frac{(64)^2 + (59)^2 + (70)^2 + (61)^2 + (56)^2}{8} - C$$

$$= 14,25$$

$$\text{S.C.E. de C x D} = 78,50 - 47,30 - 14,25 = 16,95$$

$$(ddl = 19 - 3 - 4 = 12)$$

Tableau V.9 Conditionnement x Amplitude

Amplitude	C x A					Somme
	Conditionnement					
	AN	AI	VN	VI		
A ₁	45	44	37	31		157
A ₂	43	44	34	32		153
Somme	88	88	71	63		310
Moyenne	8,80	8,80	7,10	6,30		

$$\text{Sous-total S.C.E.} = \frac{(45)^2 + (43)^2 + \dots + (32)^2}{5} - C$$

$$= 48,70$$

$$\text{S.C.E. de C} = 47,30 \text{ (déjà calculée)}$$

$$\text{S.C.E. de A} = \frac{(157)^2 + (153)^2}{20} - C$$

$$= 0,40$$

$$\text{S.C.E. de C x A} = 48,70 - 47,30 - 0,40 = 1,00$$

$$(ddl = 7 - 3 - 1 = 3)$$

Tableau V.10 Dégustateur x Amplitude

Amplitude	D x A					Somme
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	
A ₁	34	32	37	29	25	157
A ₂	30	27	33	32	31	153
Somme	64	59	70	61	56	310
Moyenne	8,00	7,38	8,75	7,62	7,00	

$$\text{Sous-total S.C.E.} = \frac{(34)^2 + (30)^2 + \dots + (31)^2}{4}$$

$$= 27,00$$

$$\text{S.C.E. de D} = 14,25$$

$$\text{S.C.E. de A} = 0,40$$

$$\text{S.C.E. de D x A} = 27,00 - 14,25 - 0,40 = 12,35$$

$$(\text{ddl} = 9 - 4 - 1 = 4)$$

Nous obtenons donc la S.C.E. Résiduelle, soit :

$$\text{S.C.E. Résiduelle} = 101,50 - (47,30 + 14,25 + 0,40 + 16,95 + 1,00 + 12,35) = 9,25$$

Tableau V.11 Analyse de variance de la dégustation des steaks hachés surgelés

Source de variation	S.C.E	ddl	Carrés moyens	Test F
Conditionnement	47,30	3	15,77	20,48 s à 1%
Dégustateur	14,25	4	3,56	4,62 s à 5%
Amplitude	0,40	1	0,40	0,52 ns
C x D	16,95	12	1,41	1,83 ns
C x A	1,00	3	0,33	0,43 ns
D x A	12,35	4	3,09	4,01 s à 5%
Résiduelle	9,25	12	0,77	
Total	101,50	39		

Nous constatons que les facteurs "conditionnement" et "dégustateur" sont significatifs respectivement à p<0,01 et p<0,05. L'interaction D x A est significative à p<0,05. Cela nous indique que les dégustateurs ne réagissent pas de la même façon sur les produits conservés aux différentes amplitudes de variation de température.

A N N E X E VI

METHODE DE CALCUL DES INDICES DE QUALITE (Γ_{sin})

METHODE DE CALCUL DES INDICES DE QUALITE (Γ_{sin})

Pour les fonctions non-intégrables, leur solution s'effectue généralement par une méthode d'intégration approchée. Il est essentiel de bien choisir une méthode parmi celles existantes pour que le calcul soit le plus précis possible. Etant donné que la courbe de l'évolution des indices de qualité (Γ_{sin}) en fonction de la température est continue et ne présente pas de pente importante, la méthode de SIMPSON est donc adaptée à ce calcul.

Règle de SIMPSON avec n intervalles

$$\int_a^b f(x) dx = \frac{h}{3} \left[f_0 + 4(f_1 + f_3 + \dots + f_{n-1}) + 2(f_2 + f_4 + \dots + f_{n-2}) + f_n \right]$$

$$\text{avec } h = \frac{(b - a)}{n}$$

$$n = \text{nombre pair}$$

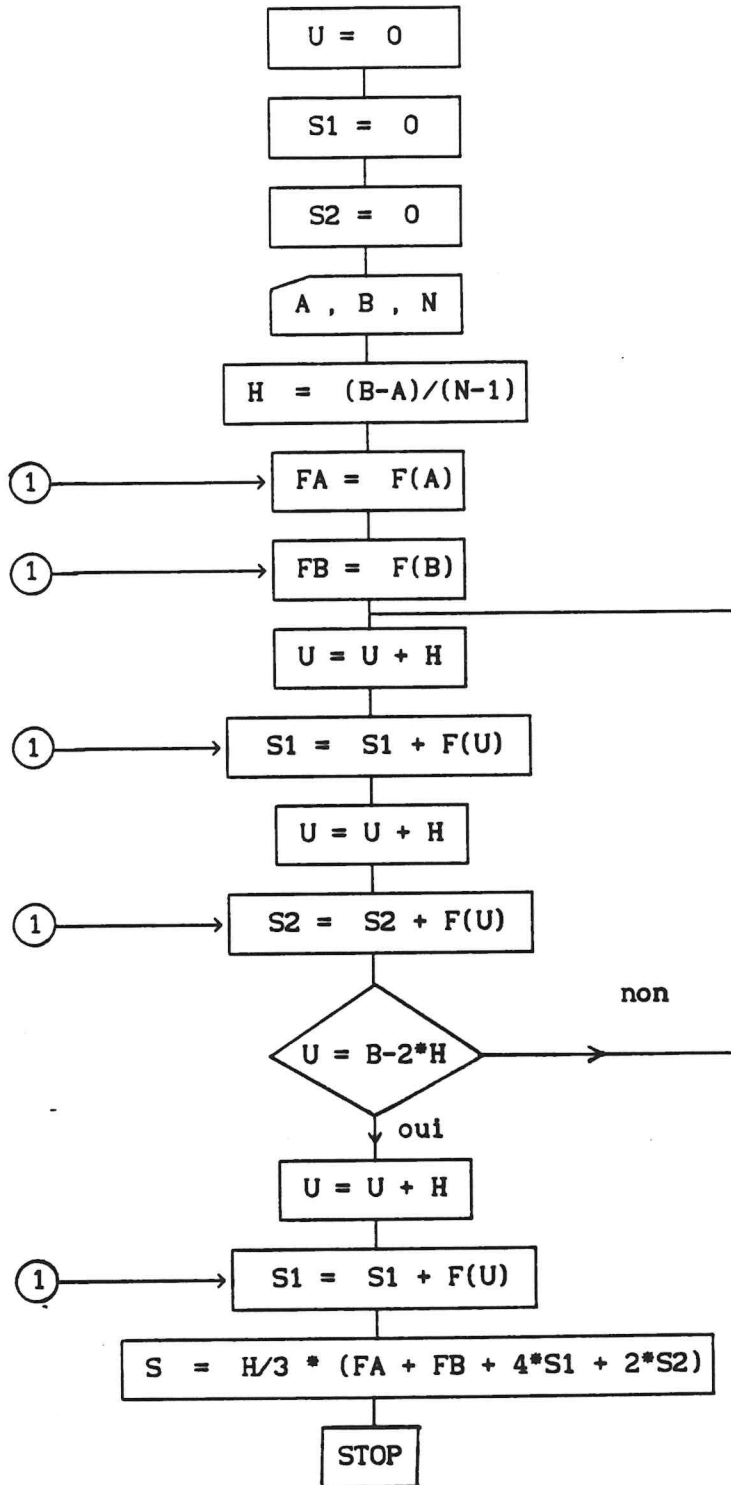
$$f_i = f(x_i) \quad \text{et} \quad x_i = a + ih$$

Nous avons effectué le calcul de Γ_{sin} selon l'équation 17 dans le chapitre V à l'aide d'un programme en TURBO PASCAL dont l'organigramme est présenté ci-après.

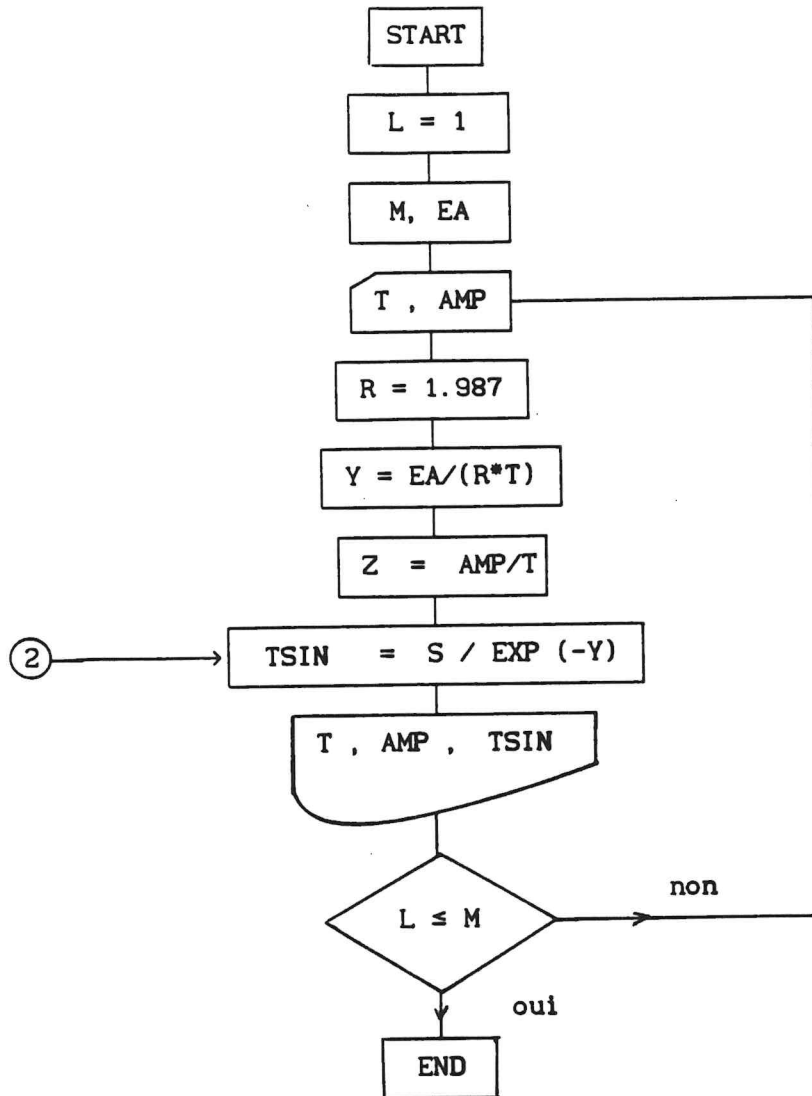
ORGANIGRAMME DU CALCUL DE " Γ_{\sin} "

FONCTION: $F(U) = \text{EXP}(-Y) / (1 + Z * \text{SIN}(2 * \pi * U))$

SOUS PROGRAMME



PROGRAMME PRINCIPAL



1 : Appel de la fonction F(U)

2 : Appel du sous programme

T : température absolue

AMP : amplitude de fluctuation de la température

EA : énergie d'activation