
Annexe 5 Caractérisation des couplages entre gonflements et humidité

A1	Remarques préliminaires	495
A2	Phase 1 : humidification et séchage précoces	496
A2.1	Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule NR	496
A2.1.1	Eprouvettes de gonflement libre	496
A2.1.2	Comparaison des éprouvettes moulées et carottées.....	497
A2.2	Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule R1	498
A2.2.1	Eprouvettes de gonflement libre	498
A2.2.2	Comparaison des éprouvettes moulées et carottées.....	499
A2.3	Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule R2	500
A2.3.1	Eprouvettes de gonflement libre	500
A2.3.1.1	Conservation à 38°C.....	500
A2.3.1.2	Conservation à 20°C.....	501
A2.3.1.3	Conservation à 38°C en solution alcaline ([KOH] = 1 mol/L).....	502
A2.3.2	Comparaison des éprouvettes moulées et carottées.....	503
A2.4	Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule R3	504
A2.5	Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule BT.....	505
A2.6	Synthèse des essais de gonflement libre – phase 1.....	506
A2.6.1	Suivis dimensionnels et massiques	506
A2.6.1.1	Conservation en eau	506
A2.6.1.2	Conservation à 100 % HR.....	507
A2.6.1.3	Conservation sous scellement hydrique	508
A2.6.1.4	Conservation à 30 % HR.....	509
A2.6.1.5	Eprouvettes de caractérisation mécanique (éprouvettes moulées).....	510
A2.6.1.5.1	Conservation en eau.....	510
A2.6.1.5.2	Conservation sous scellement hydrique.....	510
A2.6.2	Paramètres de modélisation des gonflements libres.....	511
A2.6.2.1	Corps d'épreuve carottés à 28 jours	511
A2.6.2.2	Corps d'épreuve carottés à 90 jours	512
A3	Phase 2 : humidification et séchage tardifs.....	513
A3.1	Suivis dimensionnels et massiques – formule NR	513
A3.2	Suivis dimensionnels et massiques – formule R1	514
A3.3	Suivis dimensionnels et massiques – formule R2	515
A3.4	Synthèse des suivis dimensionnels et massiques – Phase 2	516
A3.4.1	Conservation I-H30.....	516
A3.4.2	Conservation H100-H30	517
A3.4.3	Conservation S-I	518
A3.4.4	Conservation H30-I.....	519
A3.5	Suivis dimensionnels recalés à l'instant du basculement des conditions de conservation .	520
A3.5.1	Conservation I-H30.....	520
A3.5.1.1	Carottage à 28 jours.....	520
A3.5.1.2	Carottage à 90 jours.....	520
A3.5.2	Conservation H100-H30	521
A3.5.2.1	Carottage à 28 jours.....	521
A3.5.2.2	Carottage à 90 jours.....	521

A3.5.3	Conservation S-I	522
A3.5.3.1	Carottage à 28 jours	522
A3.5.3.2	Carottage à 90 jours	522
A3.5.4	Conservation H30-I	523
A3.5.4.1	Carottage à 28 jours	523
A3.5.4.2	Carottage à 90 jours	523
A3.6	Paramètres de modélisation des gonflements libres	524

A1 Remarques préliminaires

L'origine des temps des graphes présentés en section A2 correspond aux échéances de carottage pour les éprouvettes de gonflement libre (âge des matériaux = 28 jours) et pour les éprouvettes d'expansion résiduelle (âge des matériaux = 90 jours). Pour les éprouvettes moulées, l'origine des temps est prise au moment de l'initialisation des suivis dimensionnels et massiques, c'est-à-dire à un âge de 28 jours.

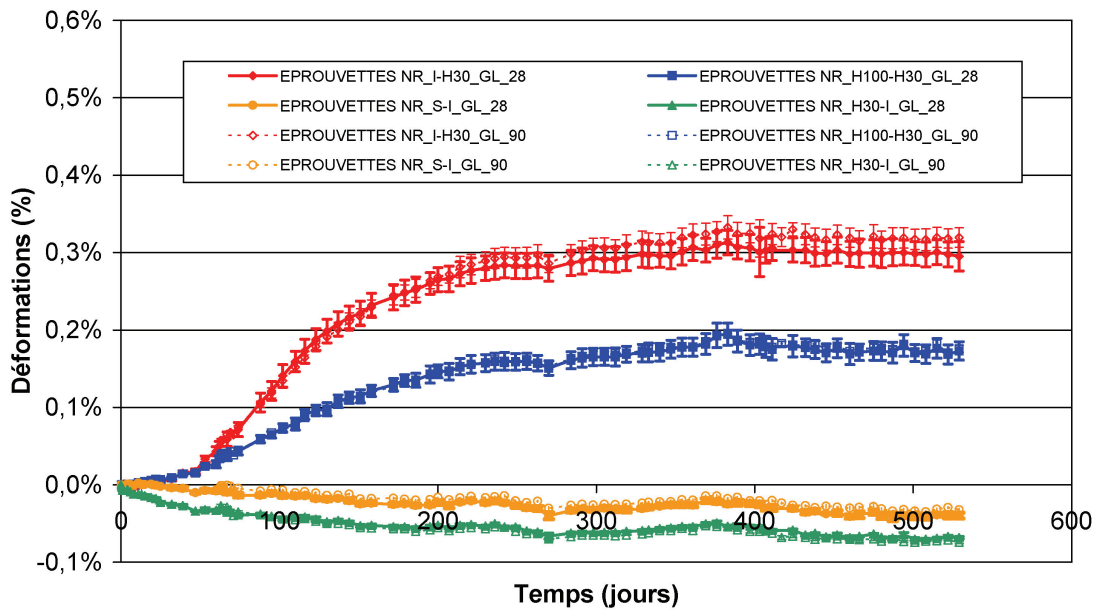
La section A2.5 présente les suivis dimensionnels d'éprouvettes soumises à un séchage ou à une humidification tardifs. Pour ces représentations, on effectue un recalage en temps et en déformation sur la dernière valeur correspondante dans les conditions de conservation hydrique de la première phase ($t_{\text{suivi}} = 538$ jours).

A2 Phase 1 : humidification et séchage précoces

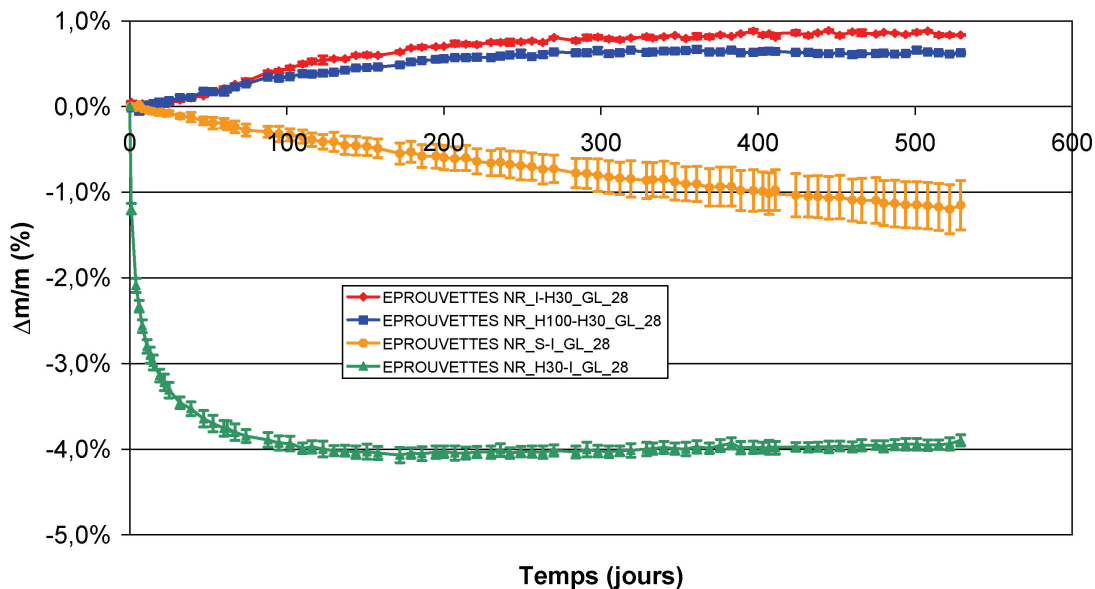
A2.1 Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule NR

A2.1.1 Eprouvettes de gonflement libre

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre NR

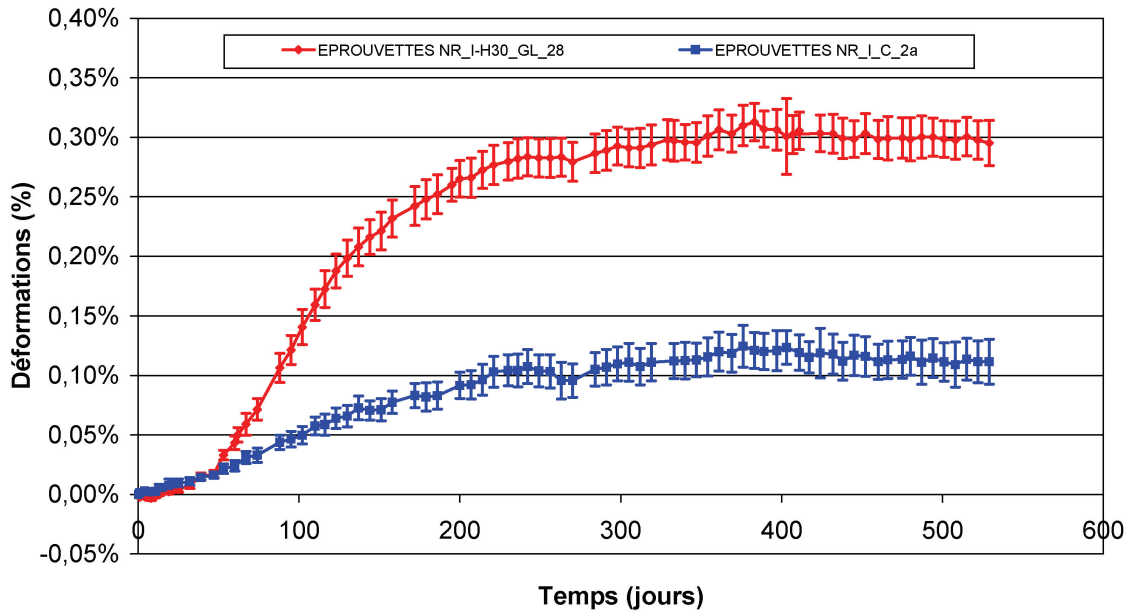


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre NR

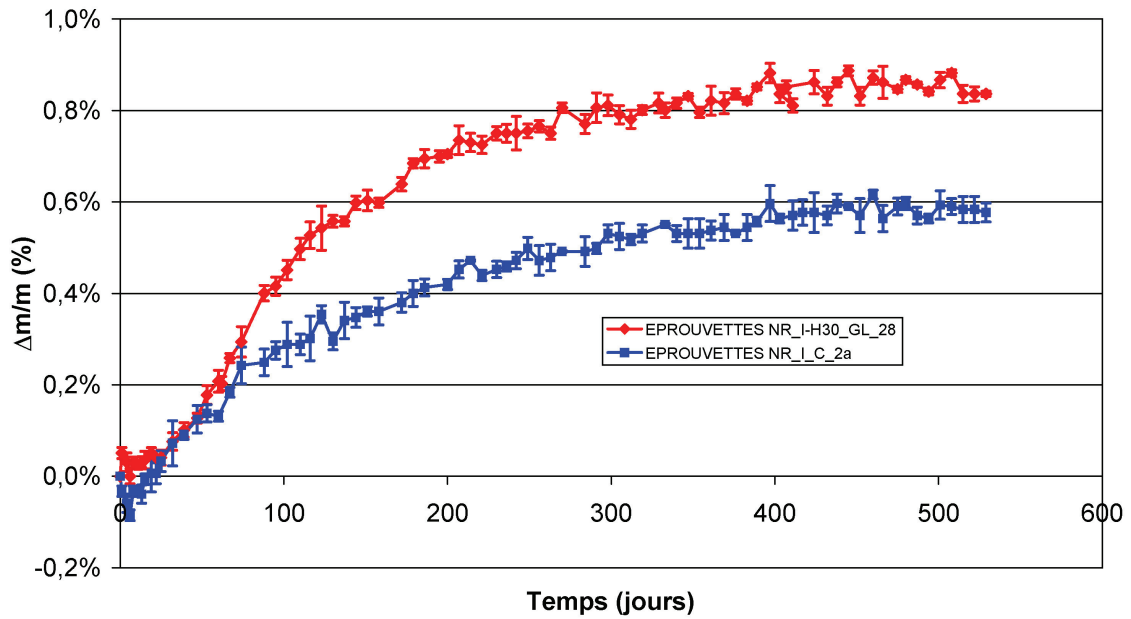


A2.1.2 Comparaison des éprouvettes moulées et carottées

Comparaison du suivi d'éprouvettes carottées et moulées conservées en eau - Formule NR



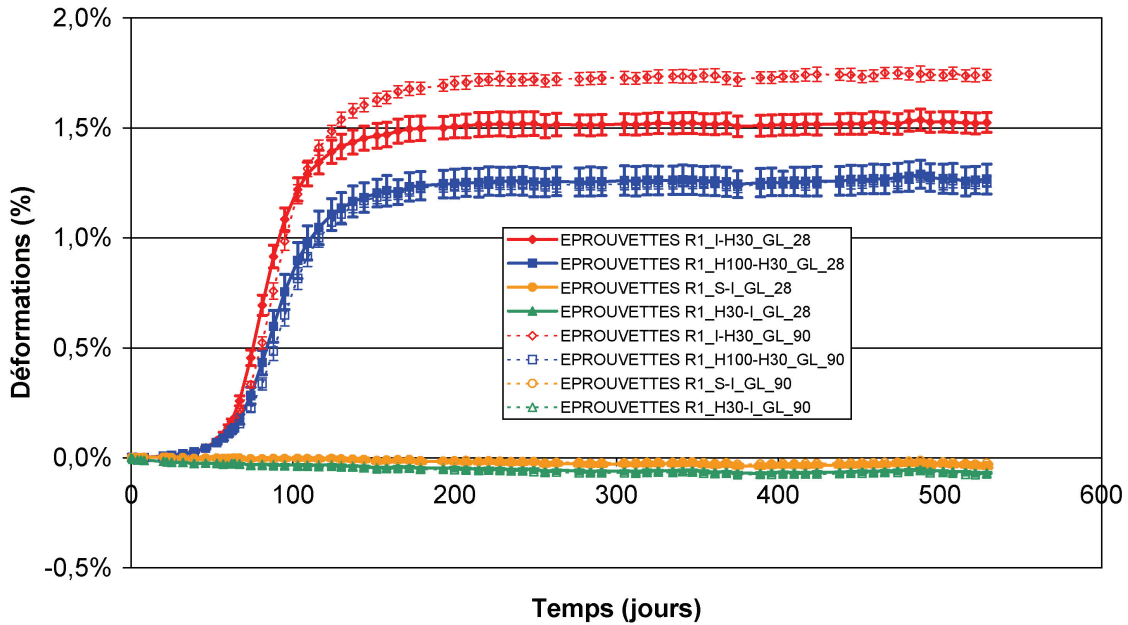
Comparaison du suivi massique d'éprouvettes carottées et moulées conservées en eau - Formule NR



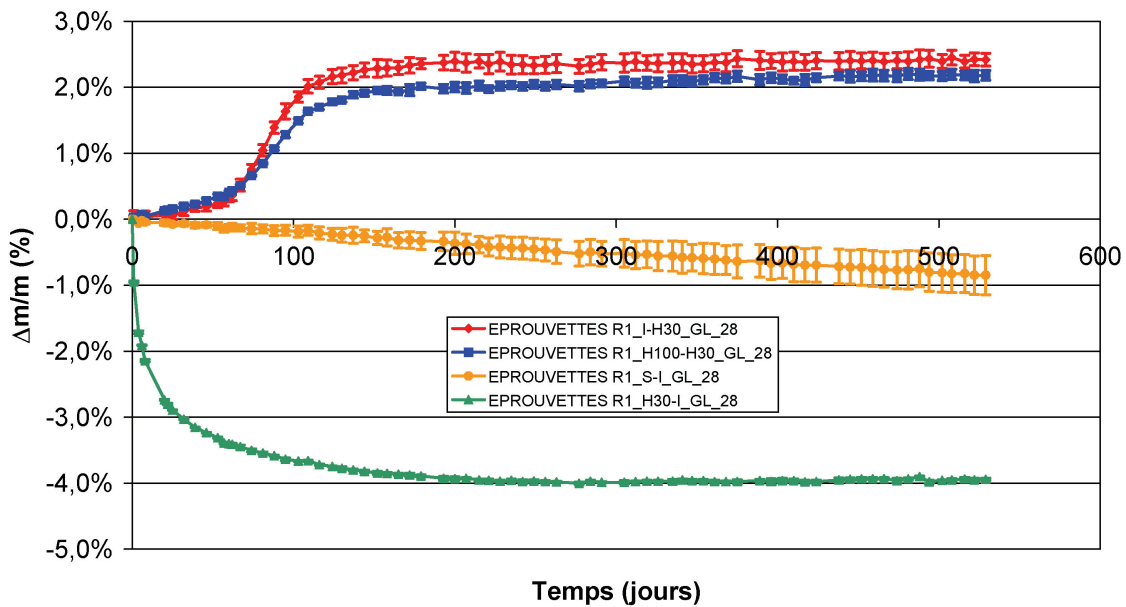
A2.2 Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule R1

A2.2.1 Eprouvettes de gonflement libre

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre R1

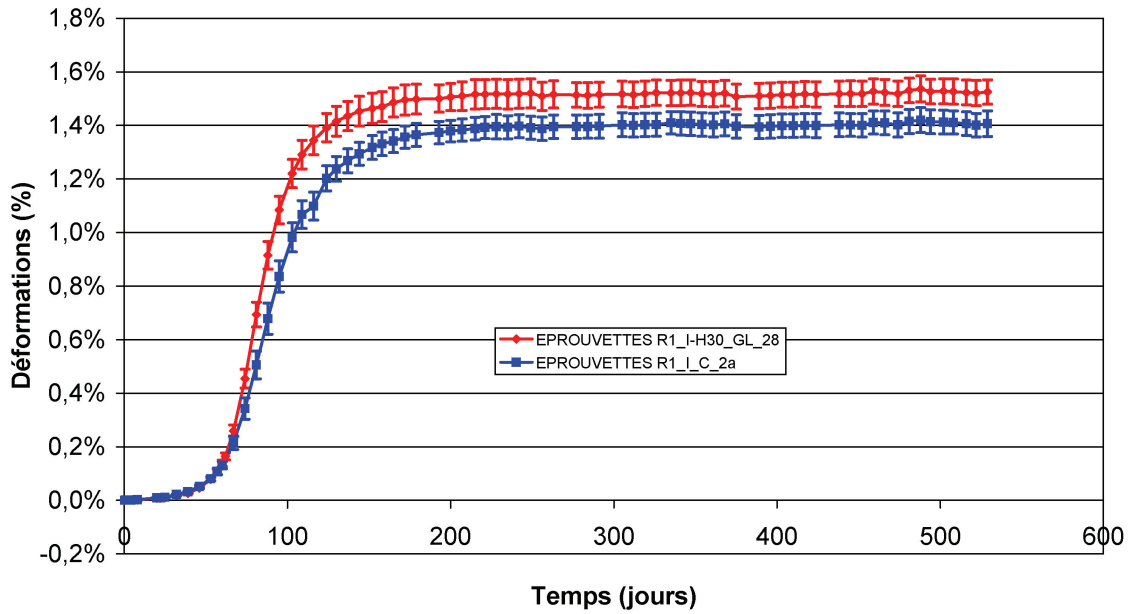


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre R1

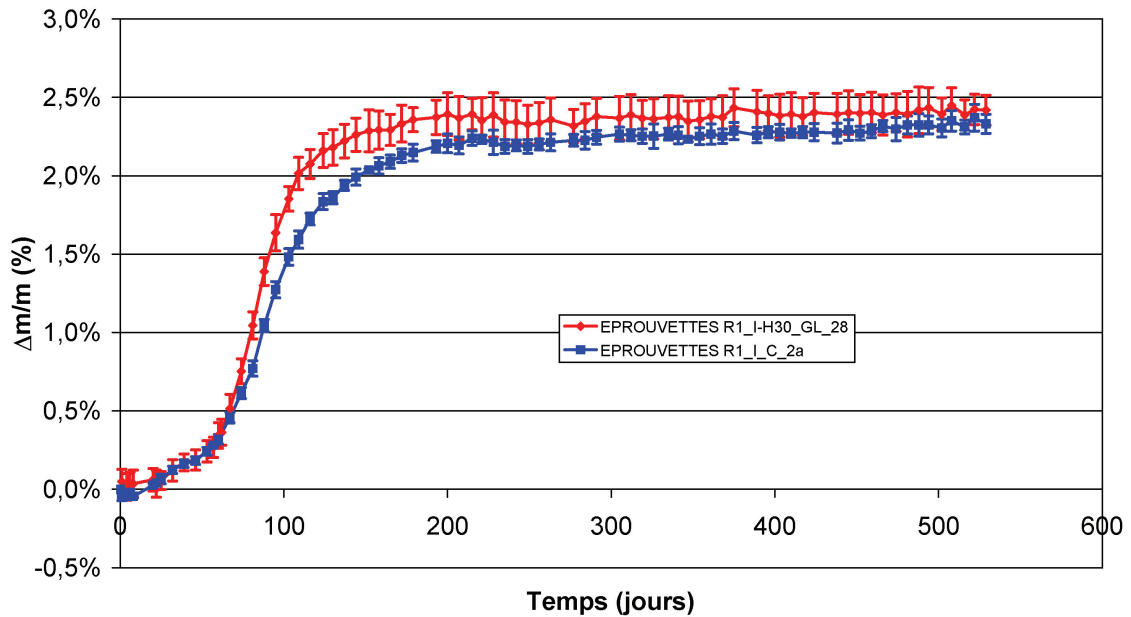


A2.2.2 Comparaison des éprouvettes moulées et carottées

Comparaison du suivi d'éprouvettes carottées et moulées conservées en eau - Formule R1



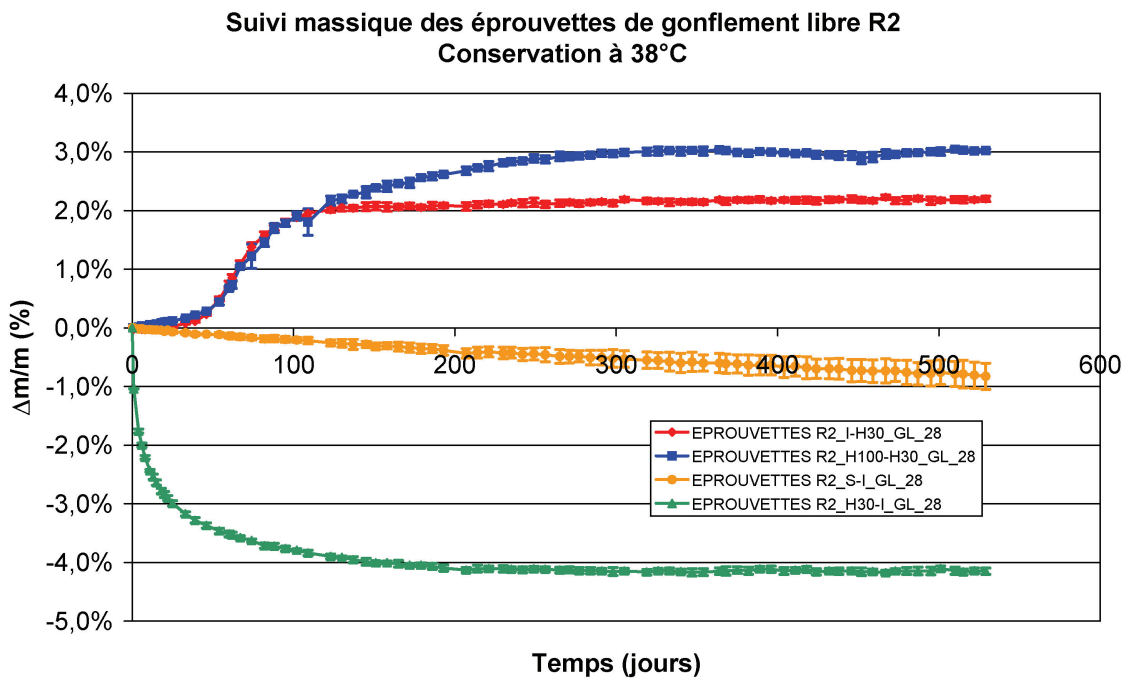
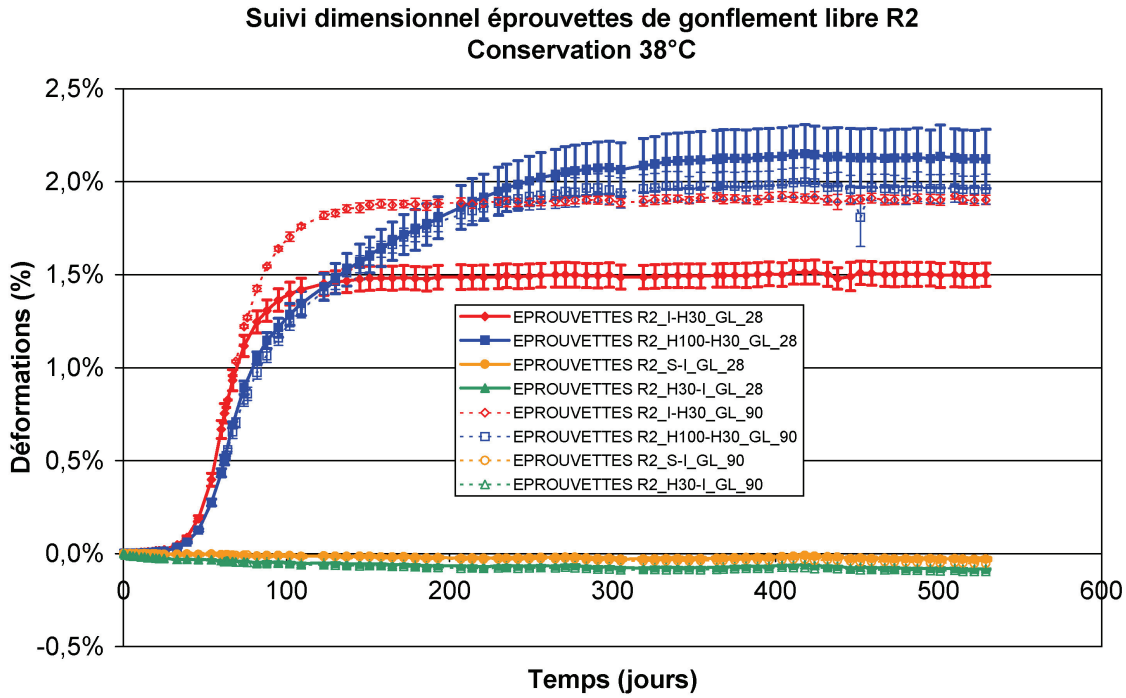
Comparaison du suivi massique d'éprouvettes carottées et moulées conservées en eau - Formule R1



A2.3 Suivis dimensionnels et massiques des épreuve de gonflement libre – formule R2

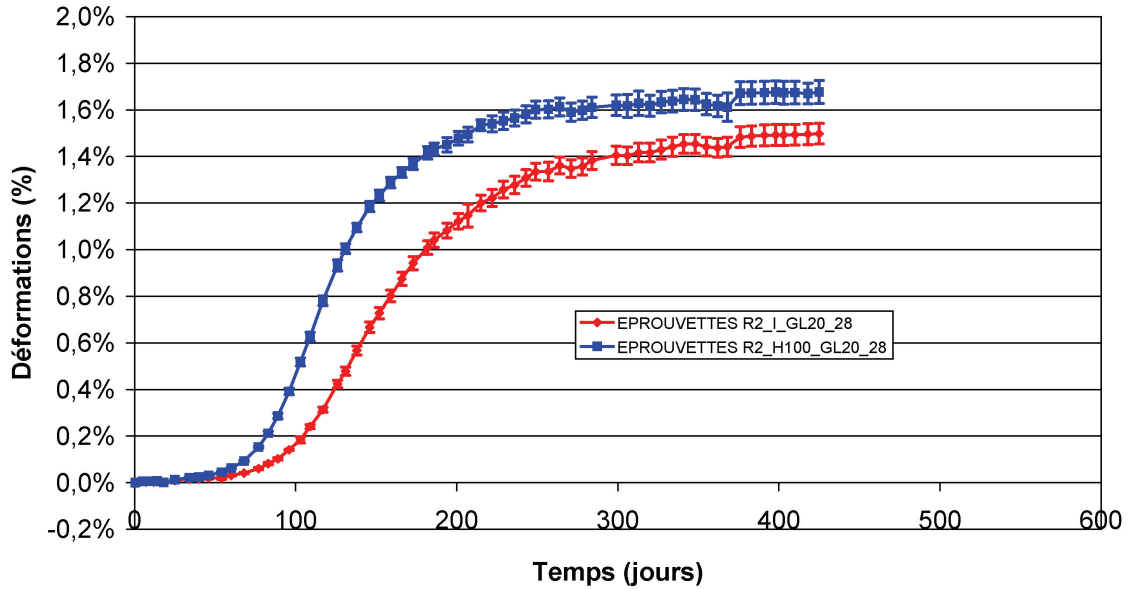
A2.3.1 Epreuves de gonflement libre

A2.3.1.1 Conservation à 38°C

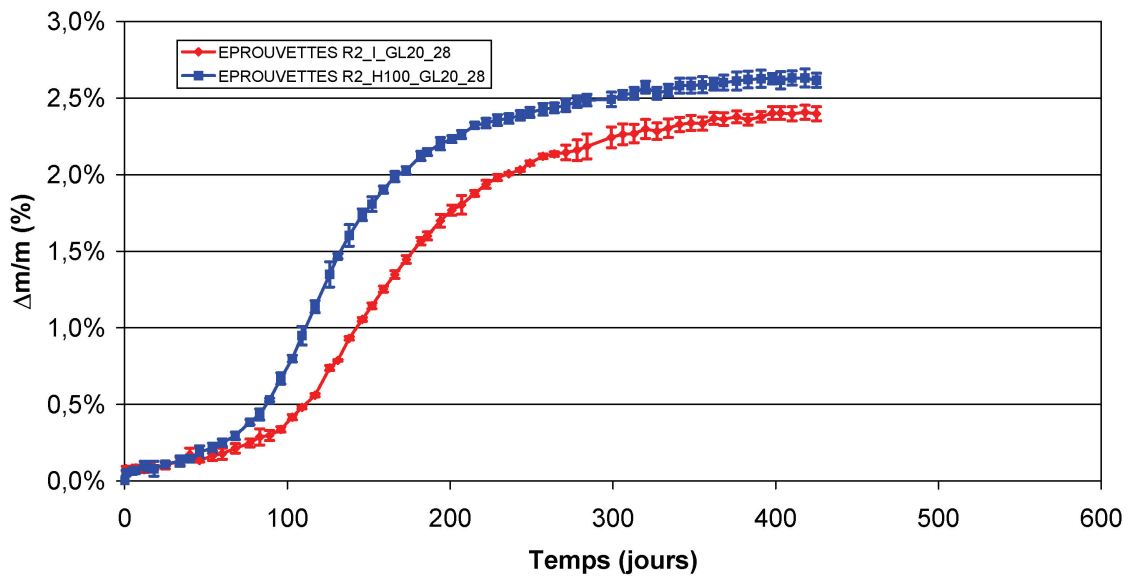


A2.3.1.2 Conservation à 20°C

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre R2
Conservation 20°C

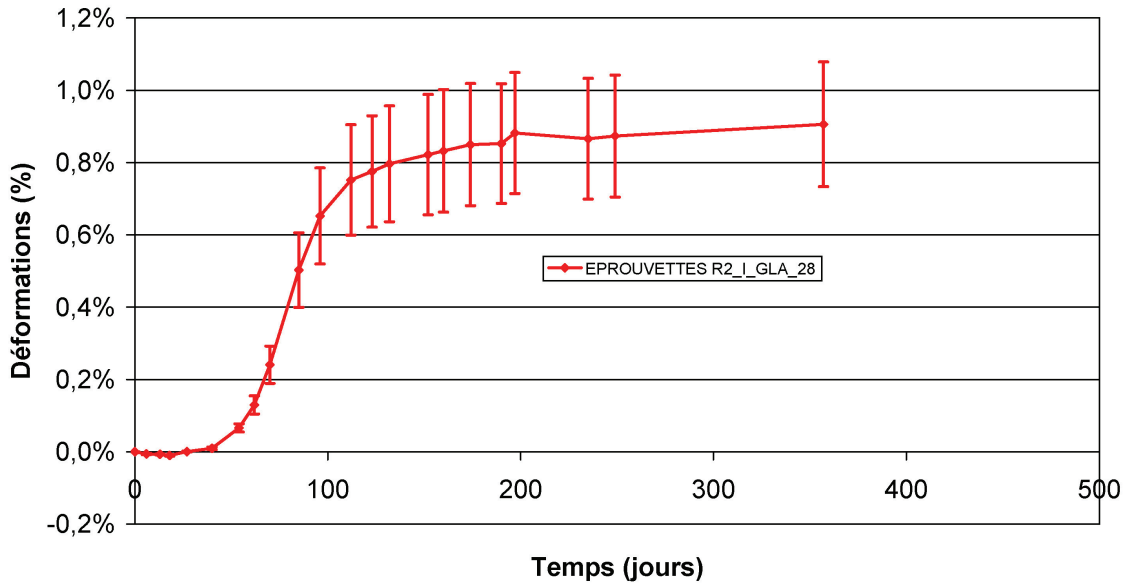


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre R2
Conservation à 20°C

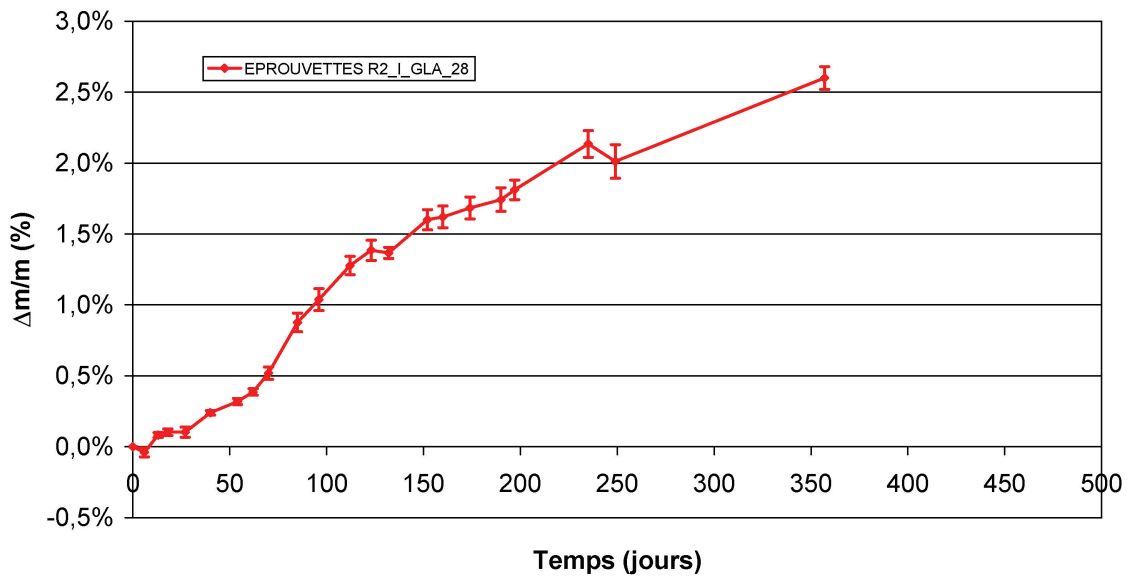


A2.3.1.3 Conservation à 38°C en solution alcaline ([KOH] = 1 mol/L)

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre R2
Conservation 38°C + alcalins

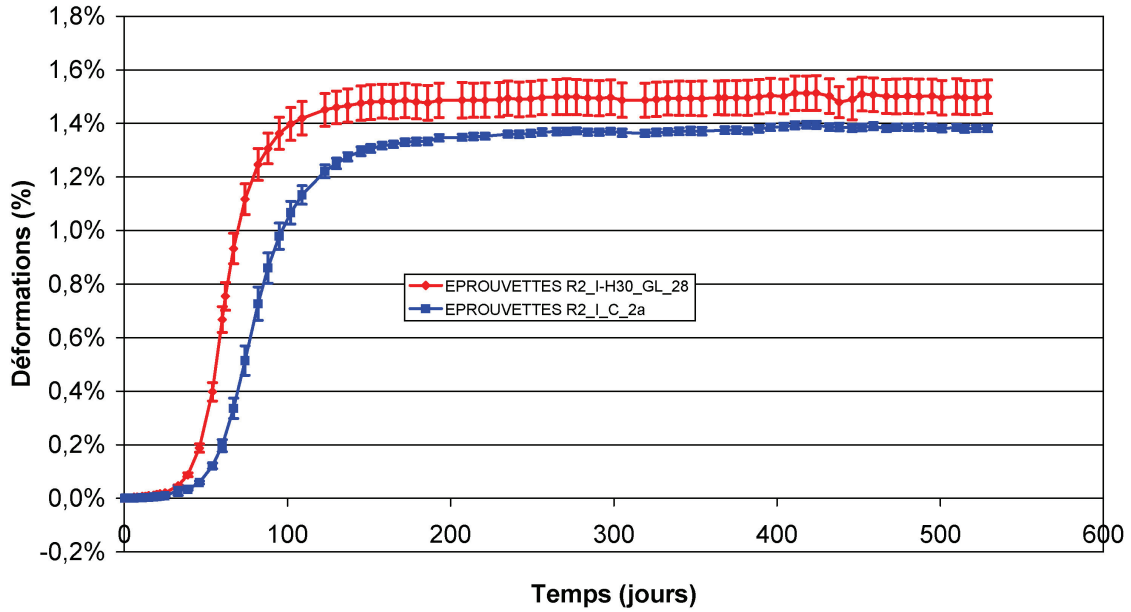


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre R2
Conservation à 38°C + alcalins

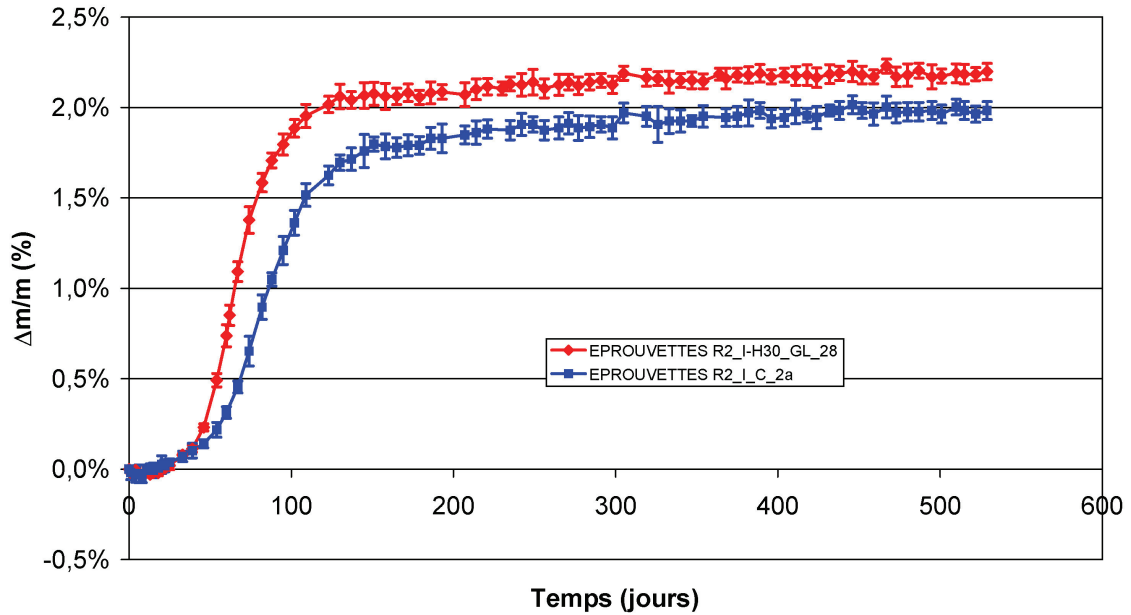


A2.3.2 Comparaison des éprouvettes moulées et carottées

Comparaison du suivi d'éprouvettes carottées et moulées conservées en eau - Formule R2

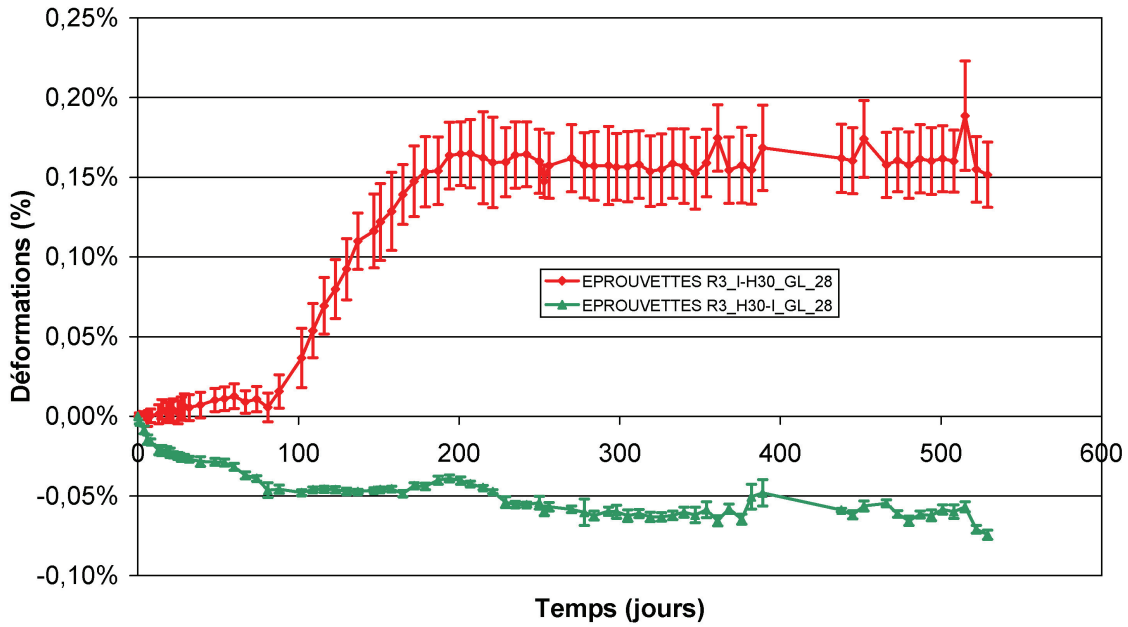


Comparaison du suivi massique d'éprouvettes carottées et moulées conservées en eau - Formule R2

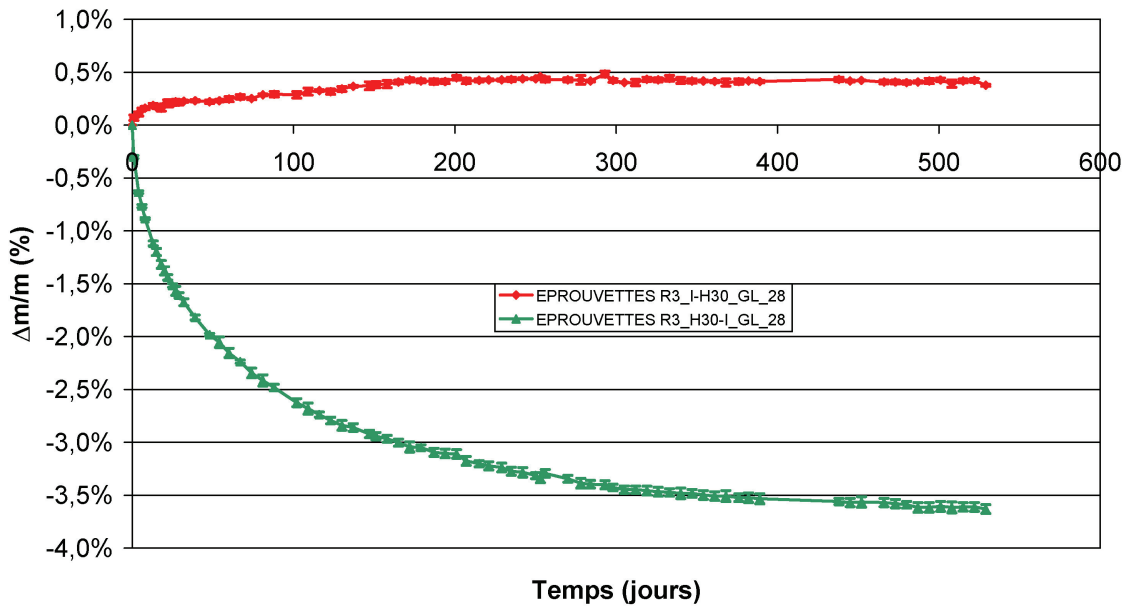


A2.4 Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule R3

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre R3

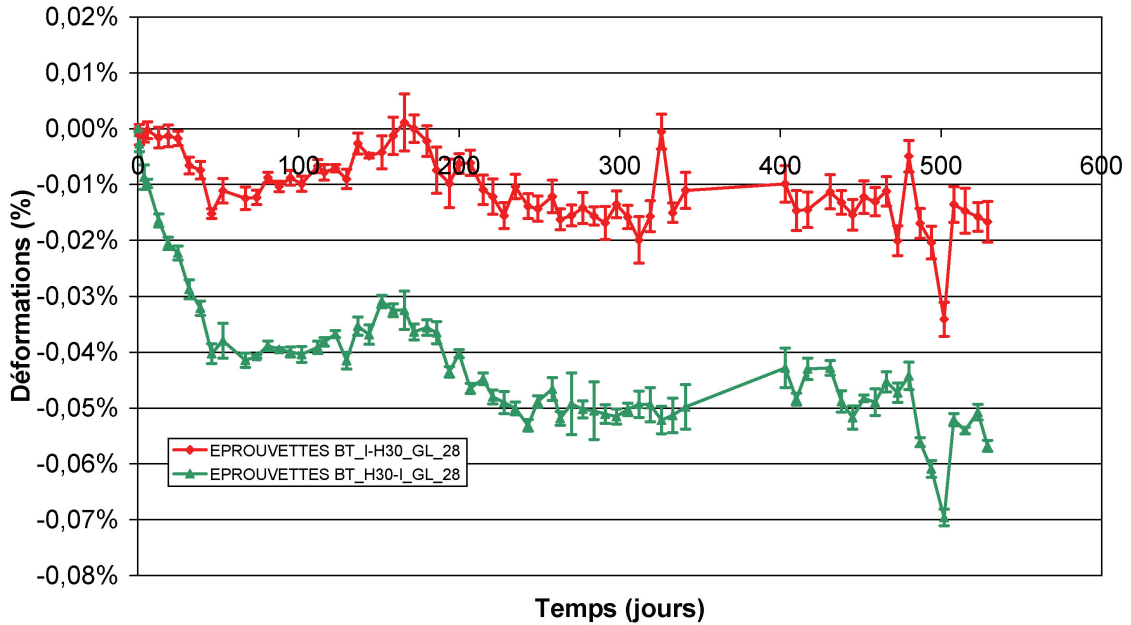


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre R3

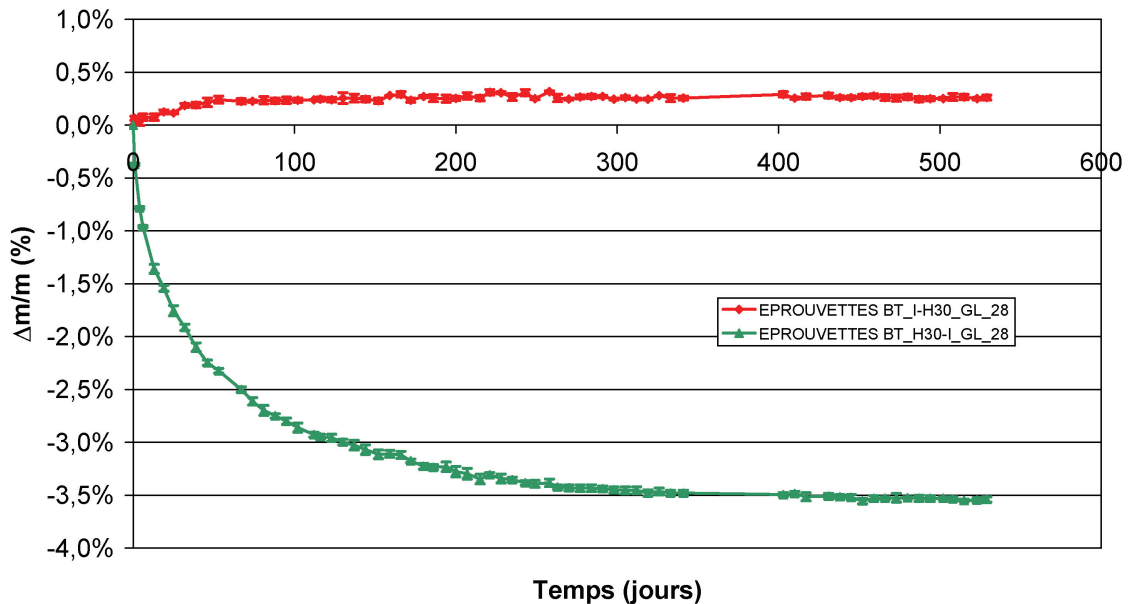


A2.5 Suivis dimensionnels et massiques des éprouvette de gonflement libre – formule BT

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre BT



Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre BT

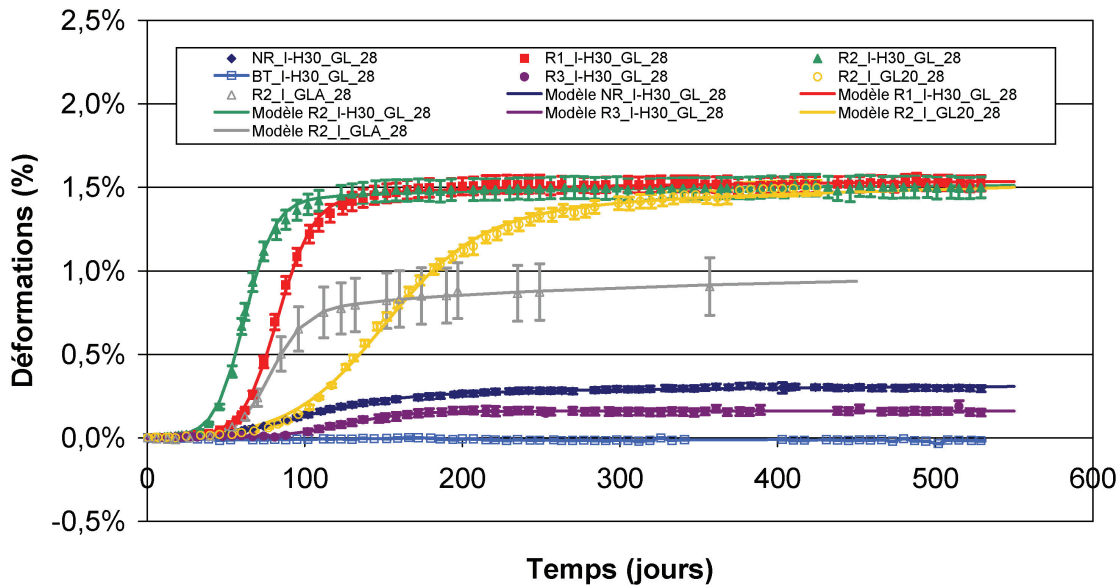


A2.6 Synthèse des essais de gonflement libre – phase 1

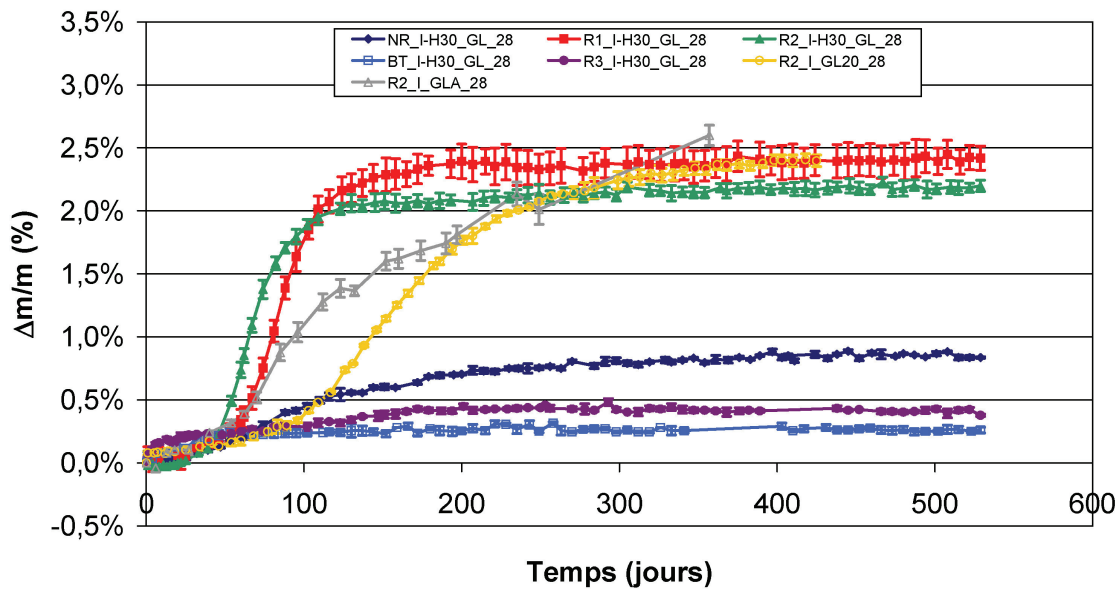
A2.6.1 Suivis dimensionnels et massiques

A2.6.1.1 Conservation en eau

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre I-H30

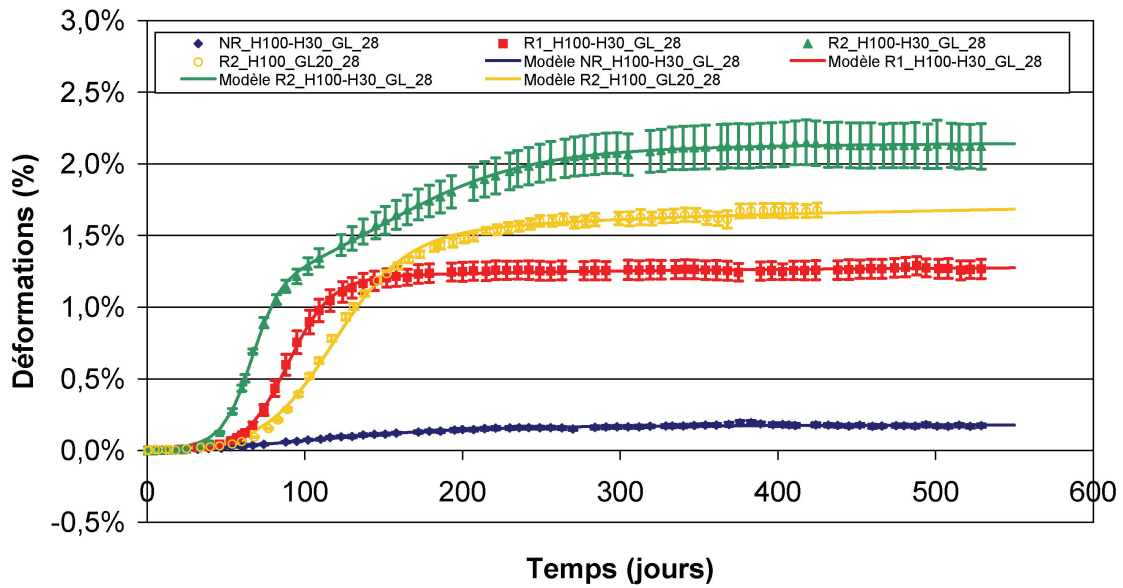


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre I-H30

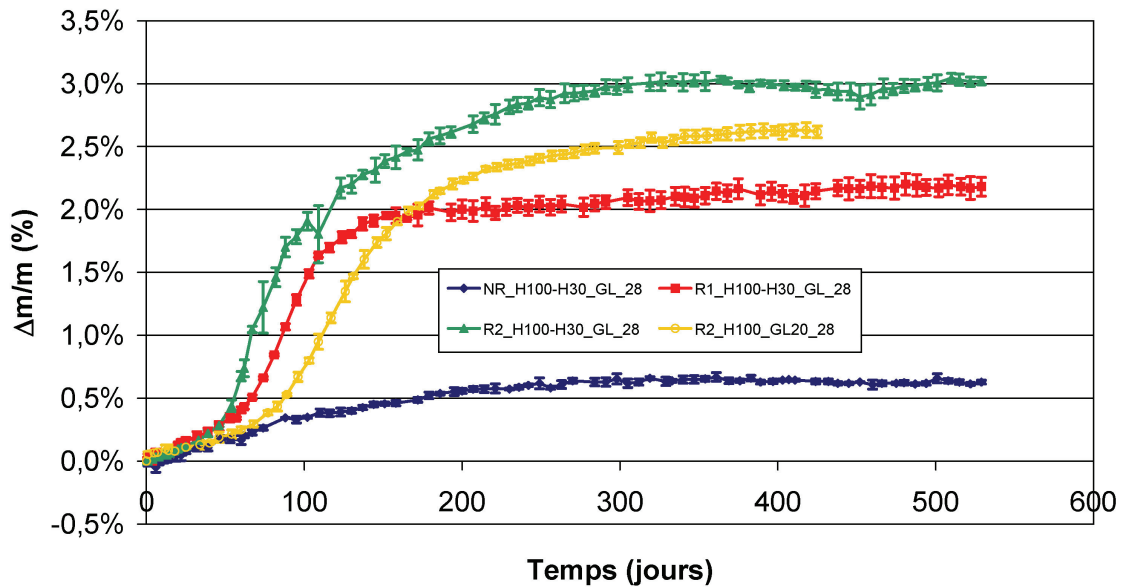


A2.6.1.2 Conservation à 100 % HR

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H100-H30

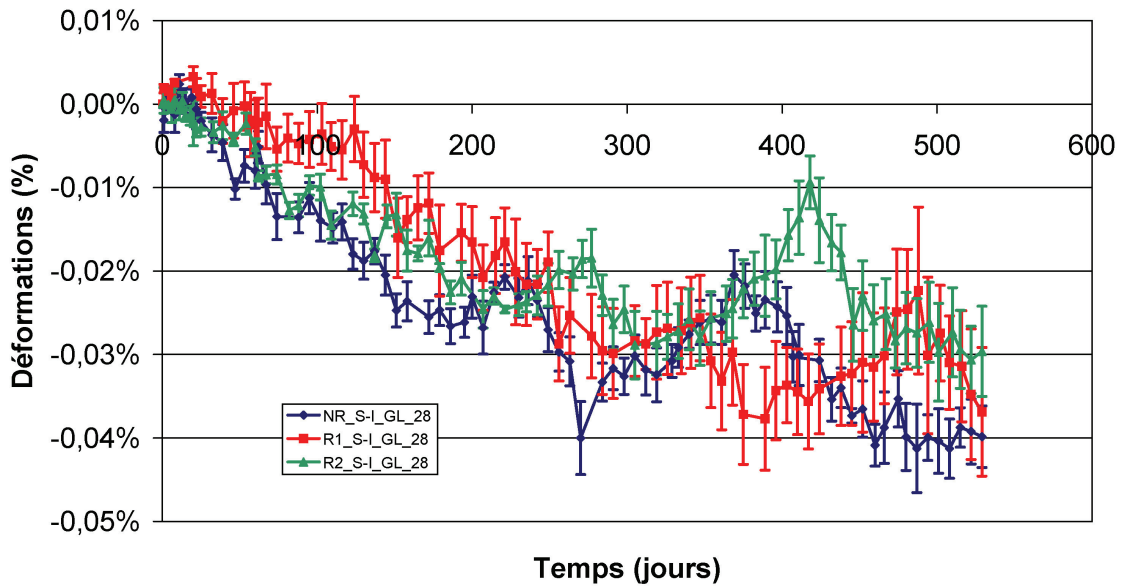


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre H100-H30

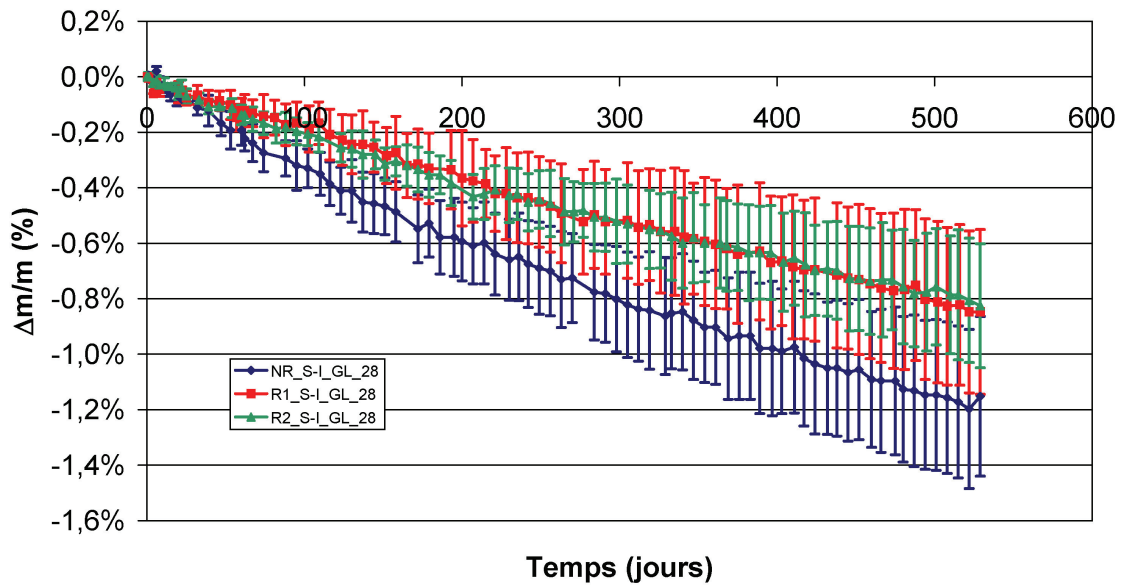


A2.6.1.3 Conservation sous scellement hydrique

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre S-I

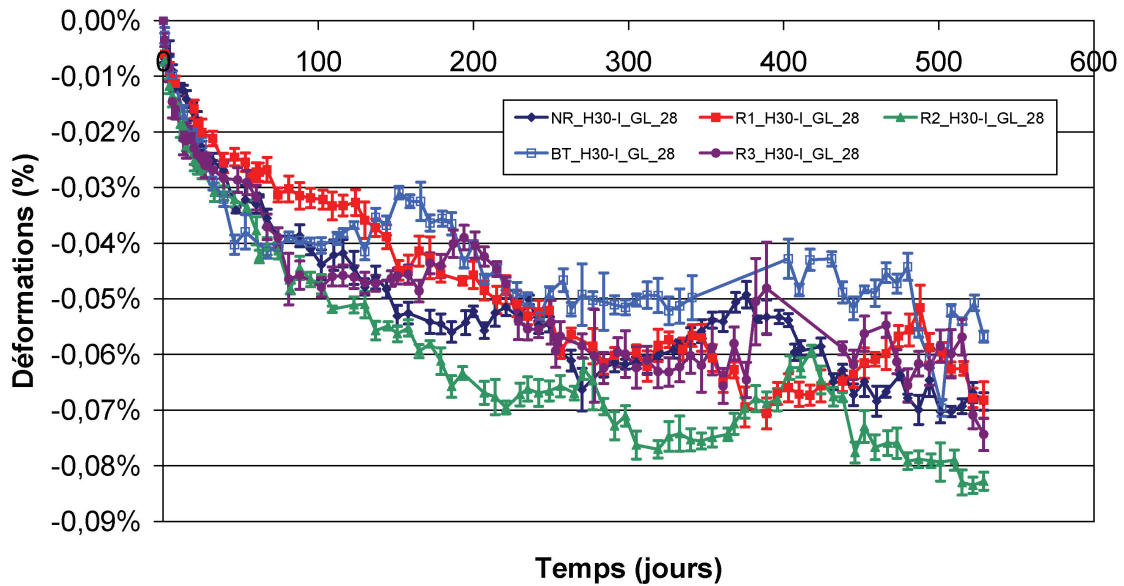


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre S-I

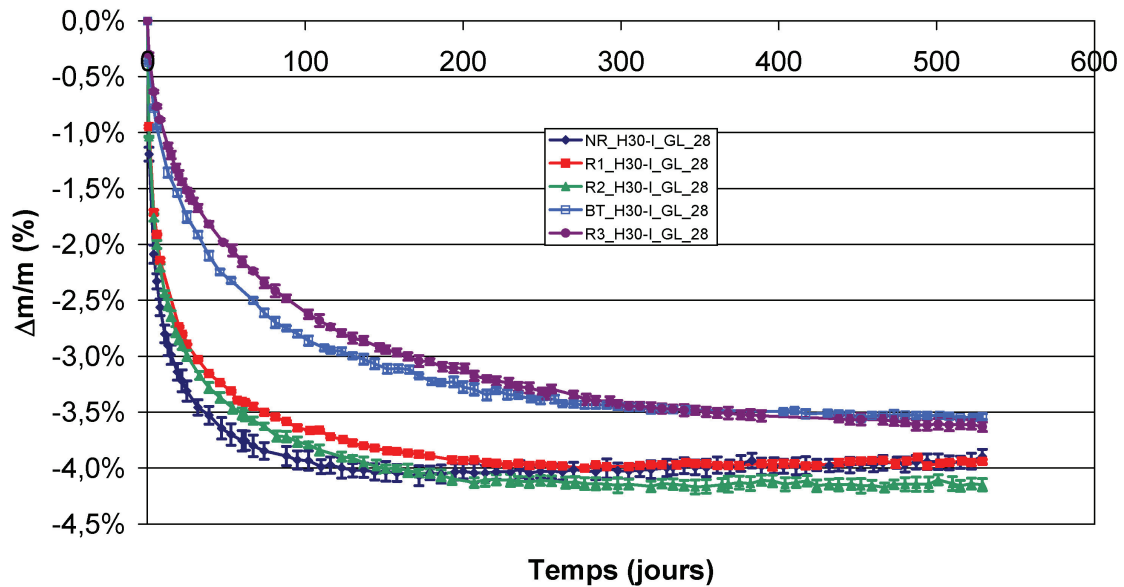


A2.6.1.4 Conservation à 30 % HR

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H30-I



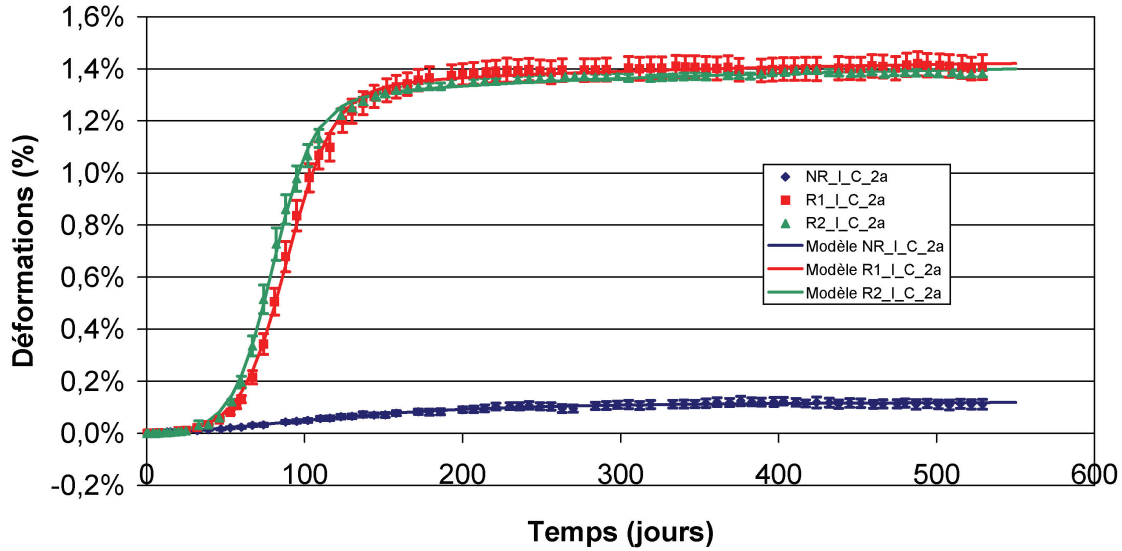
Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre H30-I



A2.6.1.5 Eprouvettes de caractérisation mécanique (éprouvettes moulées)

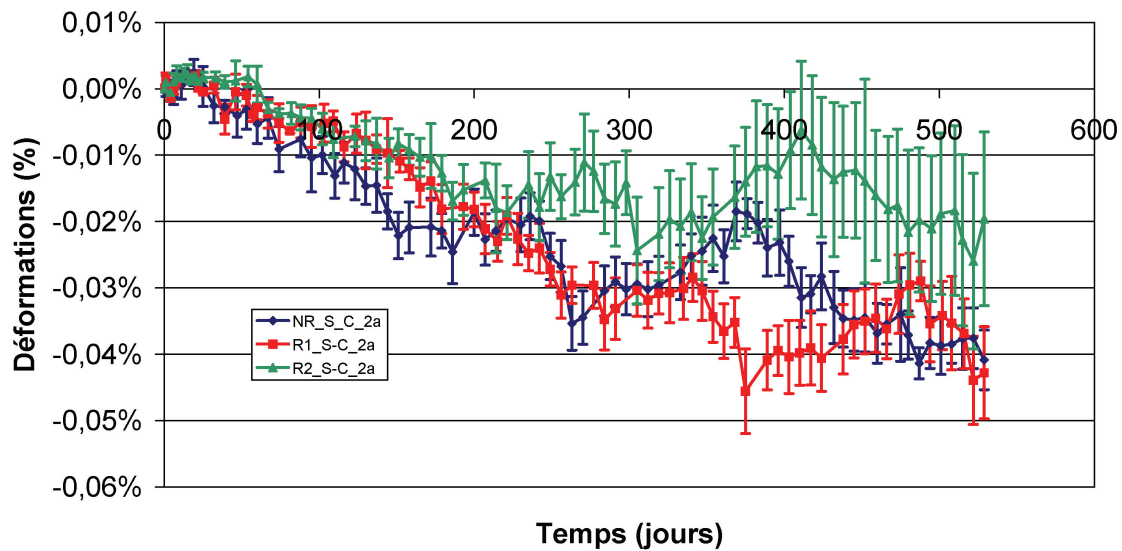
A2.6.1.5.1 Conservation en eau

Suivi dimensionnel des éprouvettes de caractérisation mécanique
I_C_2a



A2.6.1.5.2 Conservation sous scellement hydrique

Suivi dimensionnel des éprouvettes de caractérisation mécanique
S_C_2a



A2.6.2 Paramètres de modélisation des gonflements libres

A2.6.2.1 Corps d'épreuve carottés à 28 jours

Formule	NR		R1		R2		R1		R2		R2		R2		R2		R2		R3	
	Immergé	Carotté	100 % HR	Carotté	Immergé	Carotté	100 % HR	Carotté	Immergé	Carotté	Immergé	Carotté	100% HR (20°C)	Carotté	Immergé (20°C)	Carotté	100% HR (20°C)	Carotté	Immergé	Carotté
Conservation	Immergé	Carotté	100 % HR	Carotté	Immergé	Carotté	100 % HR	Carotté	Immergé	Carotté	Immergé	Carotté	100% HR (20°C)	Carotté	Immergé (20°C)	Carotté	100% HR (20°C)	Carotté	Immergé	Carotté
Préparation	Immergé	Carotté	100 % HR	Carotté	Immergé	Carotté	100 % HR	Carotté	Immergé	Carotté	Immergé	Carotté	100% HR (20°C)	Carotté	Immergé (20°C)	Carotté	100% HR (20°C)	Carotté	Immergé	Carotté
ε_{∞_RSI}	0,34%	0,19%	1,58%	1,31%	1,55%	1,24%	1,47%	1,46%	1,46%	1,46%	1,46%	1,46%	1,81%	1,65%	1,65%	1,81%	1,81%	1,05%	1,05%	-
τ_C_RSI	29	48	11	13	9	9	15	13	60	60	60	60	22	30	30	22	22	11	11	-
τ_L_RSI	92	100	83	89	62	66	88	79	58	58	58	58	117	147	147	117	117	78	78	-
ϕ	54	30	18	18	15	26	25	31	62	62	62	62	50	64	64	50	50	66	66	-
δ	84	88	120	120	120	119	144	143	106	106	106	106	153	146	146	153	153	151	151	-
ε_{∞_RAG}	-	-	-	-	-	0,95%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16%
τ_C_RAG	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
τ_L_RAG	-	-	-	-	-	149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124
Erreur	2,E-07	2,E-07	2,E-06	9,E-07	2,E-06	1,E-06	1,E-06	1,E-06	1,E-07	1,E-06	1,E-06	4,E-06	4,E-06	4,E-06	1,E-06	4,E-06	2,E-07	2,E-07	2,E-07	3,E-07

t = âge matériau – 28 jours

A2.6.2.2 Corps d'épreuve carottés à 90 jours

Formule	NR		R1		R2	
	Immergé Carotté	100 % HR Carotté	Immergé Carotté	100 % HR Carotté	Immergé Carotté	100 % HR Carotté
ε_{∞_RSI}	0,35%	0,19%	1,90%	1,30%	1,98%	1,31%
τ_{C_RSI}	29	48	15	14	13	14
τ_{L_RSI}	92	100	83	90	63	64
ϕ	54	30	19	18	15	7
δ	84	88	120	120	120	121
ε_{∞_RAG}	-	-	-	-	-	0,79%
τ_{C_RAG}	-	-	-	-	-	37
τ_{L_RAG}	-	-	-	-	-	145
ε_{offset}	0,05%	0,03%	0,26%	0,12%	0,77%	0,61%
t_{offset}	60	60	57	59	59	62
<i>Erreur</i>	5,E-07	2,E-07	1,E-06	6,E-07	1,E-06	9,E-07

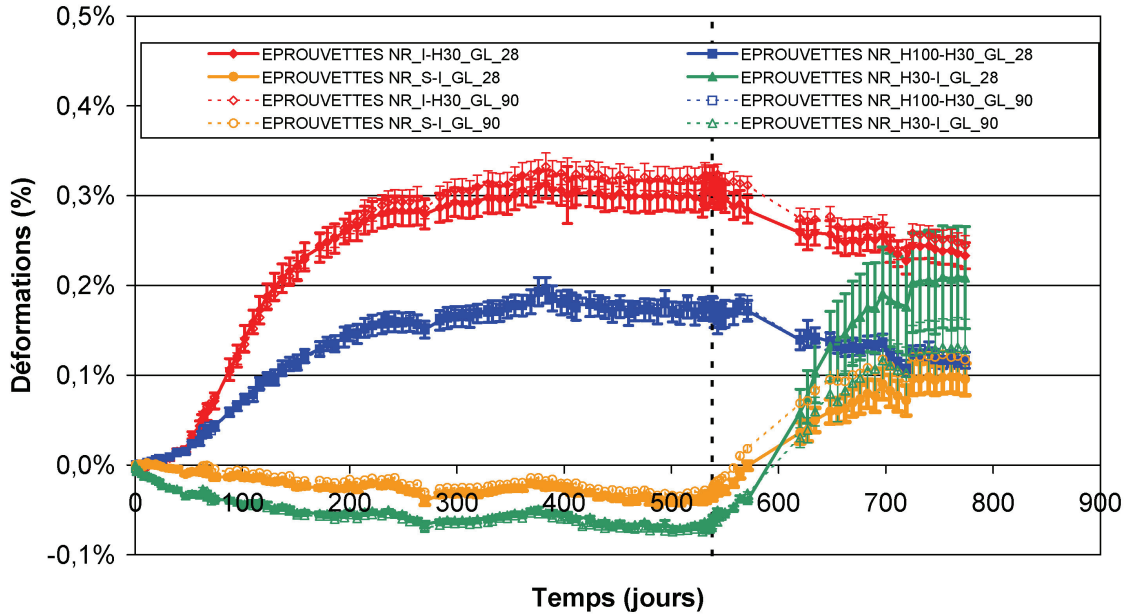
$t = \hat{\text{âge}} \text{ matériau} - 28 \text{ jours}$

$t_{\text{carottage}} = 90 - 28 = 62 \text{ jours}$

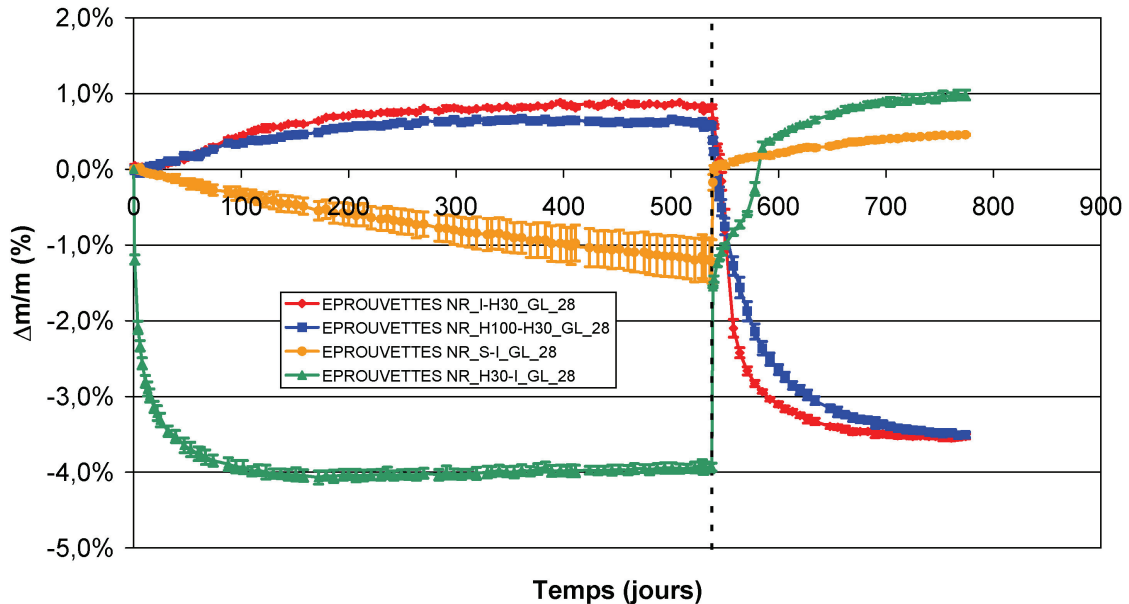
A3 Phase 2 : humidification et séchage tardifs

A3.1 Suivis dimensionnels et massiques – formule NR

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre NR

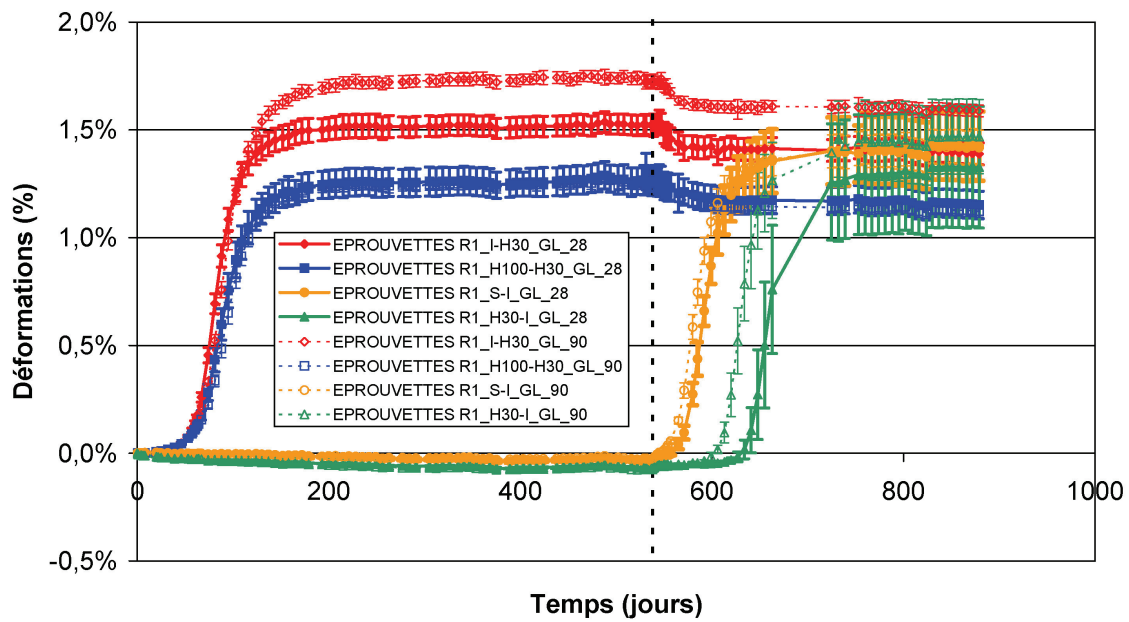


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre NR

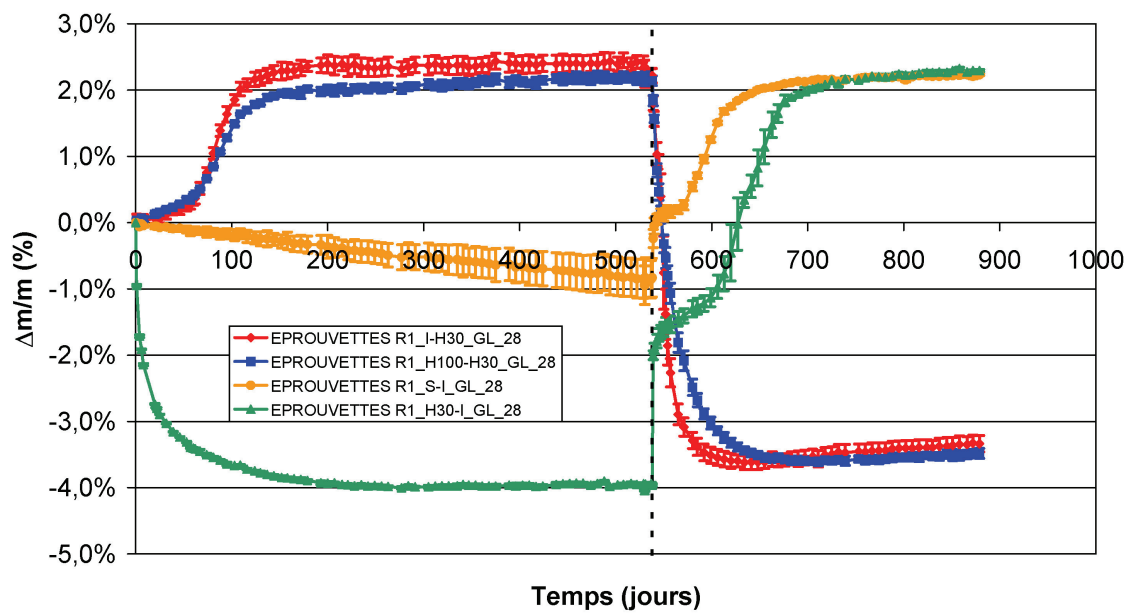


A3.2 Suivis dimensionnels et massiques – formule R1

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre R1

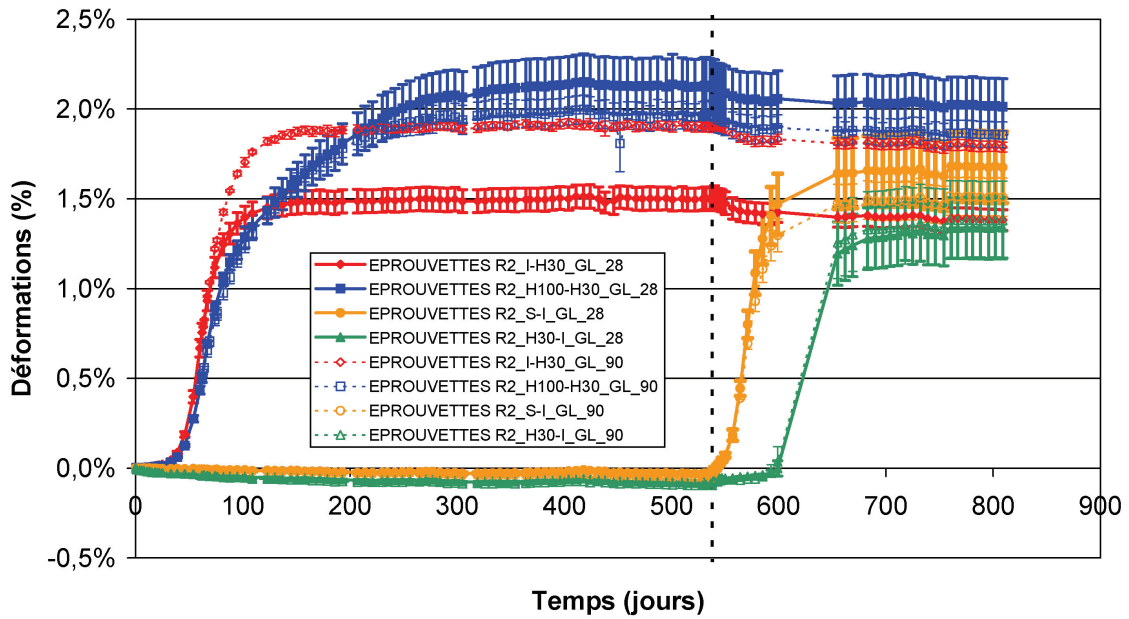


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre R1

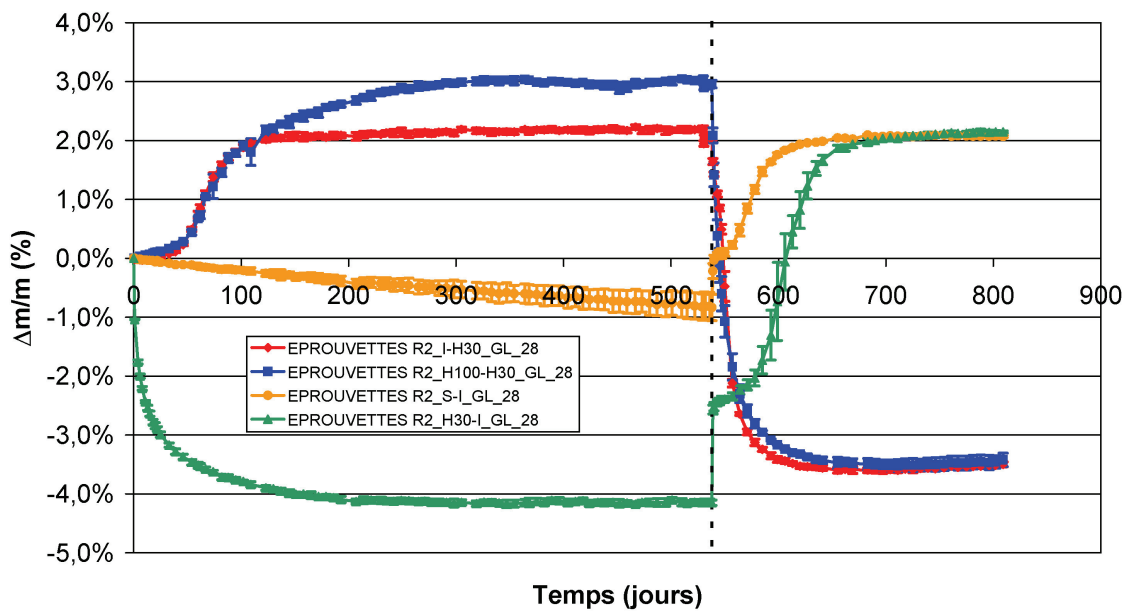


A3.3 Suivis dimensionnels et massiques – formule R2

Suivi dimensionnel éprouvettes de gonflement libre R2



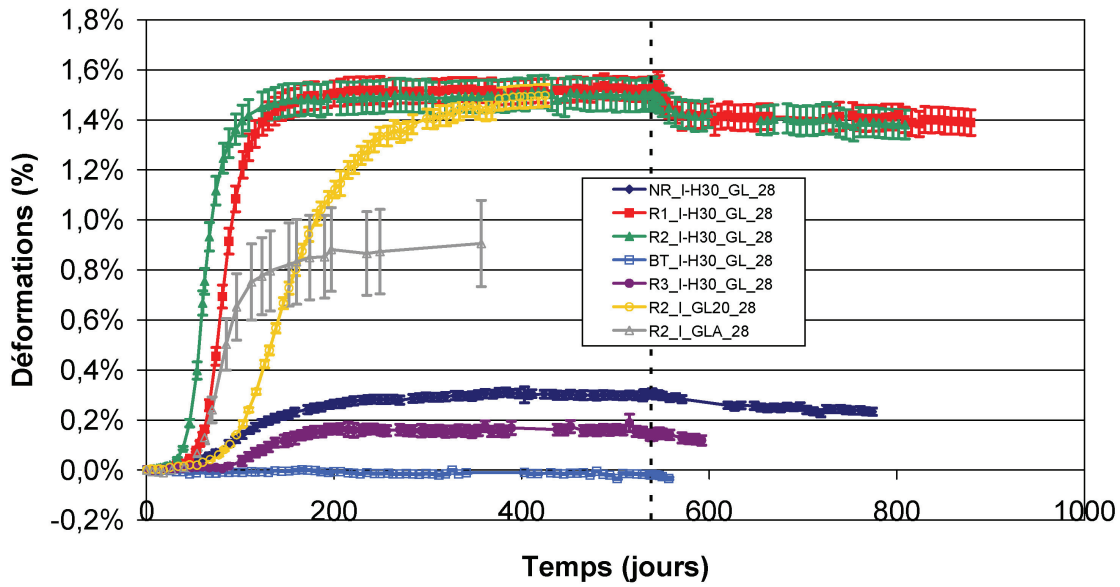
Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre R2



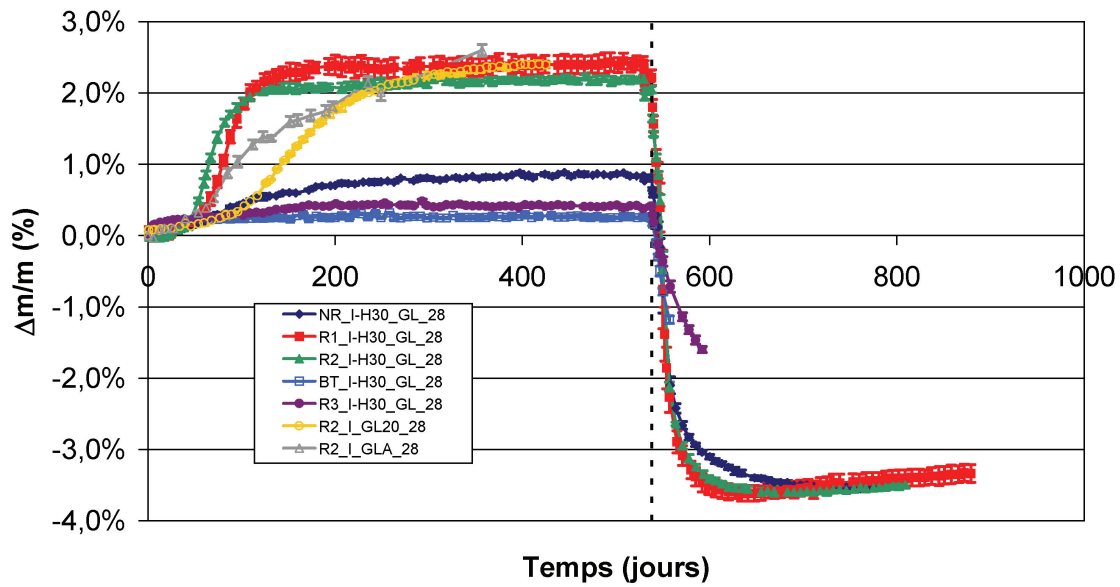
A3.4 Synthèse des suivis dimensionnels et massiques – Phase 2

A3.4.1 Conservation I-H30

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre I-H30

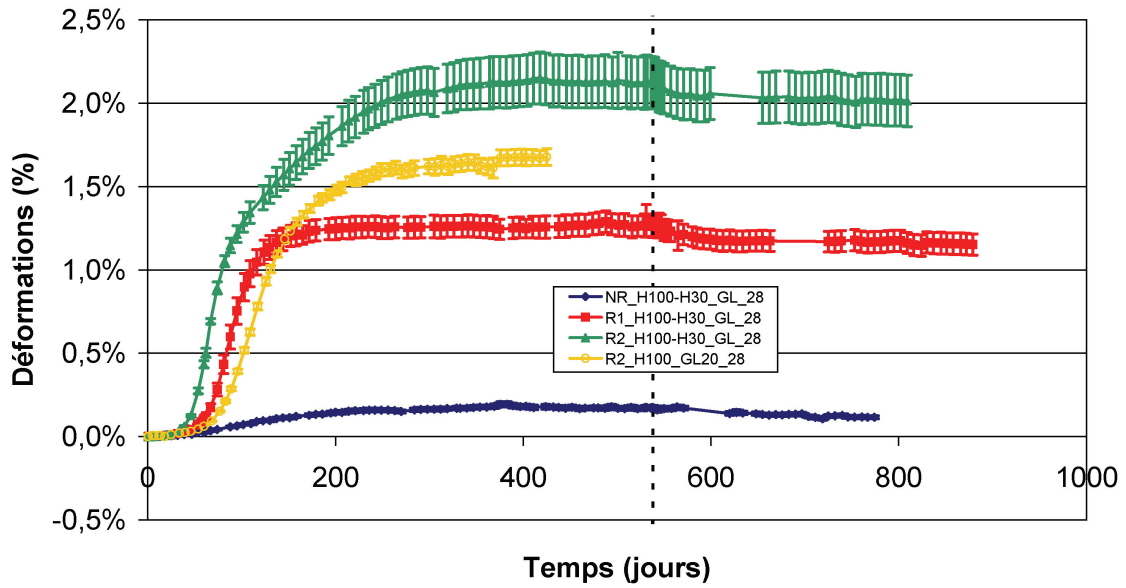


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre I-H30

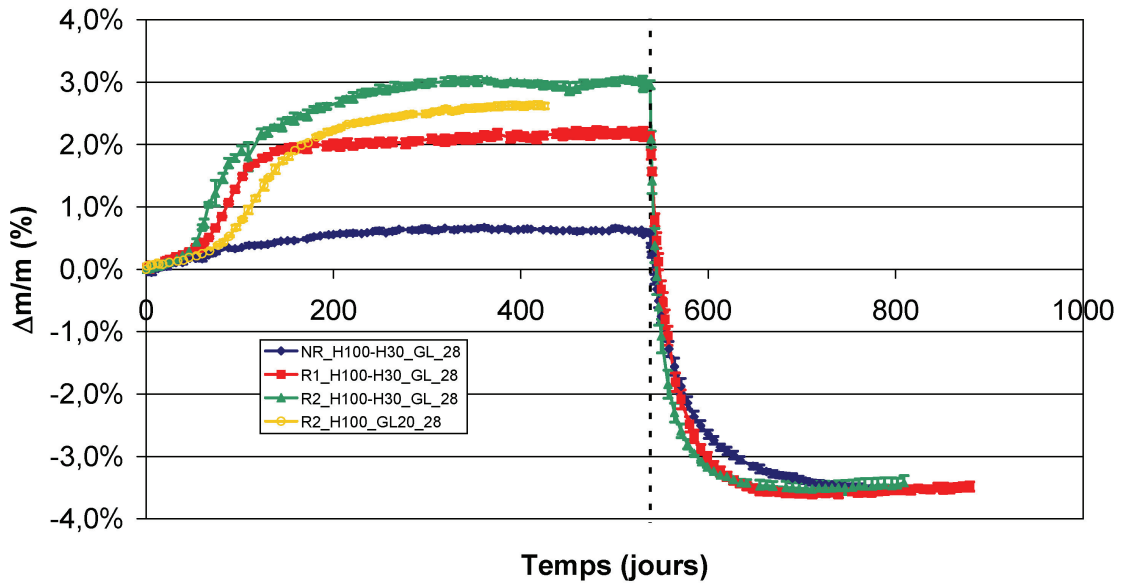


A3.4.2 Conservation H100-H30

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H100-H30

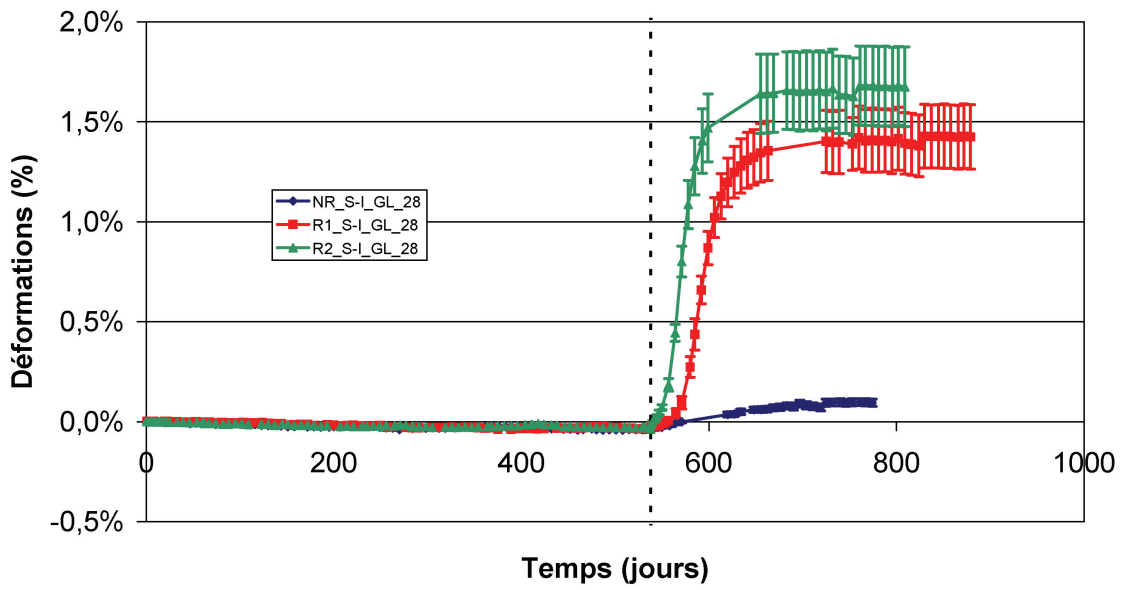


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre H100-H30

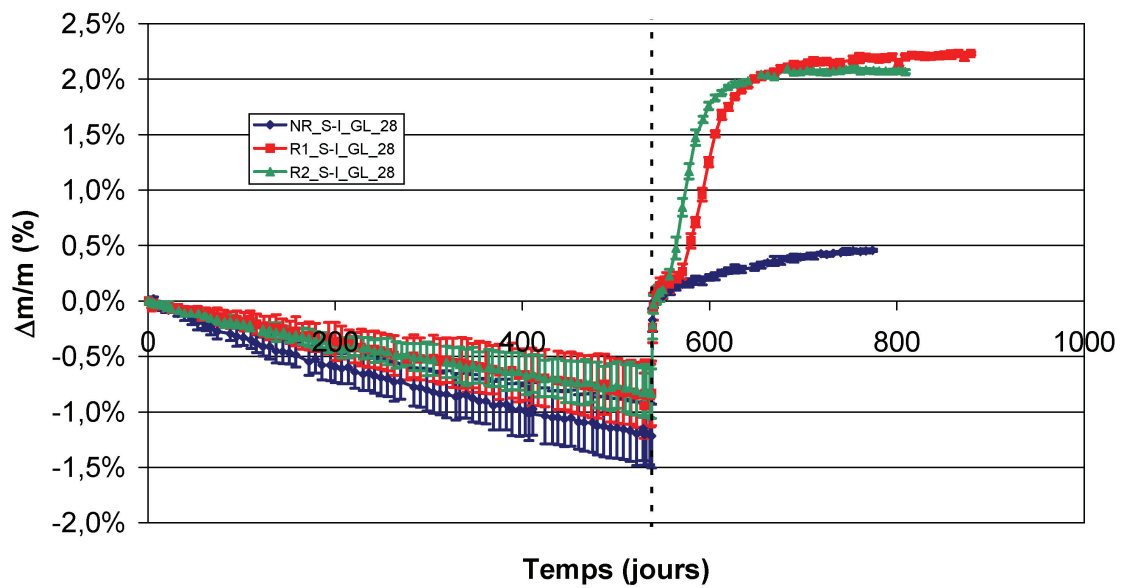


A3.4.3 Conservation S-I

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre S-I

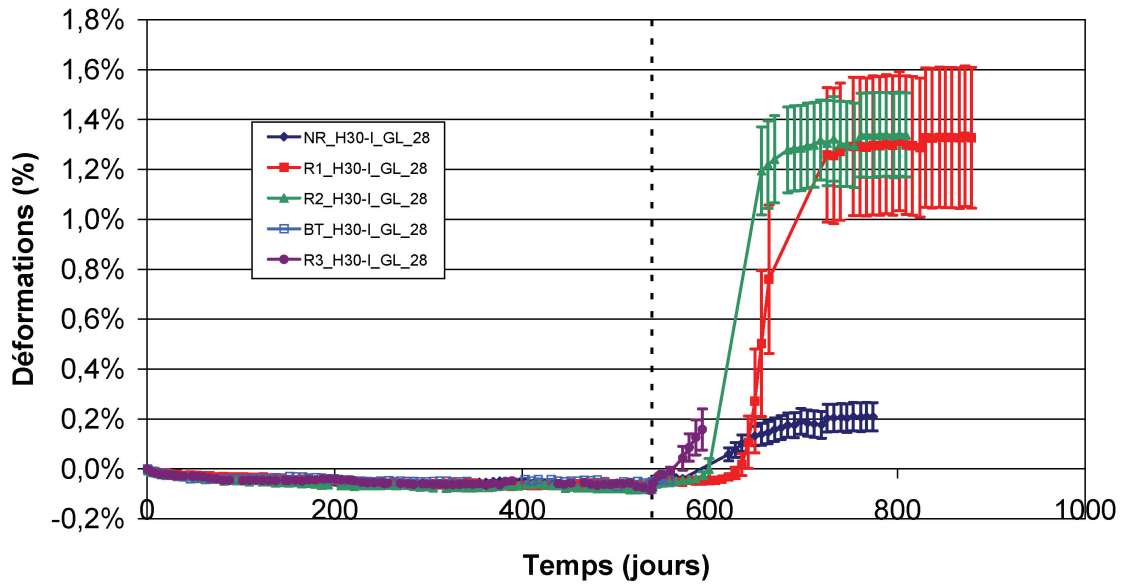


Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre S-I

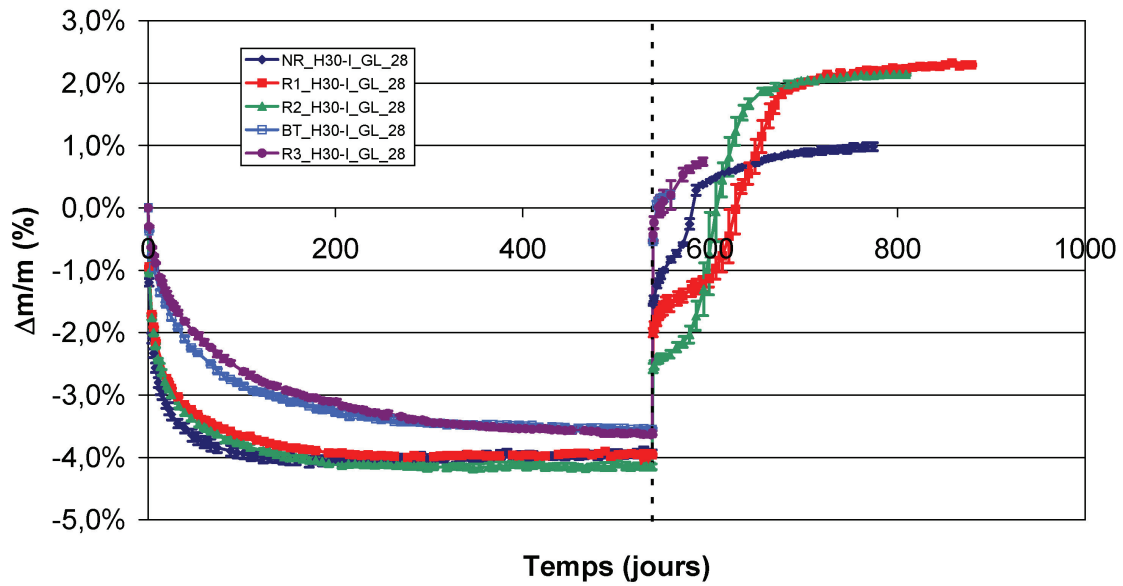


A3.4.4 Conservation H30-I

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H30-I



Suivi massique des éprouvettes de gonflement libre H30-I

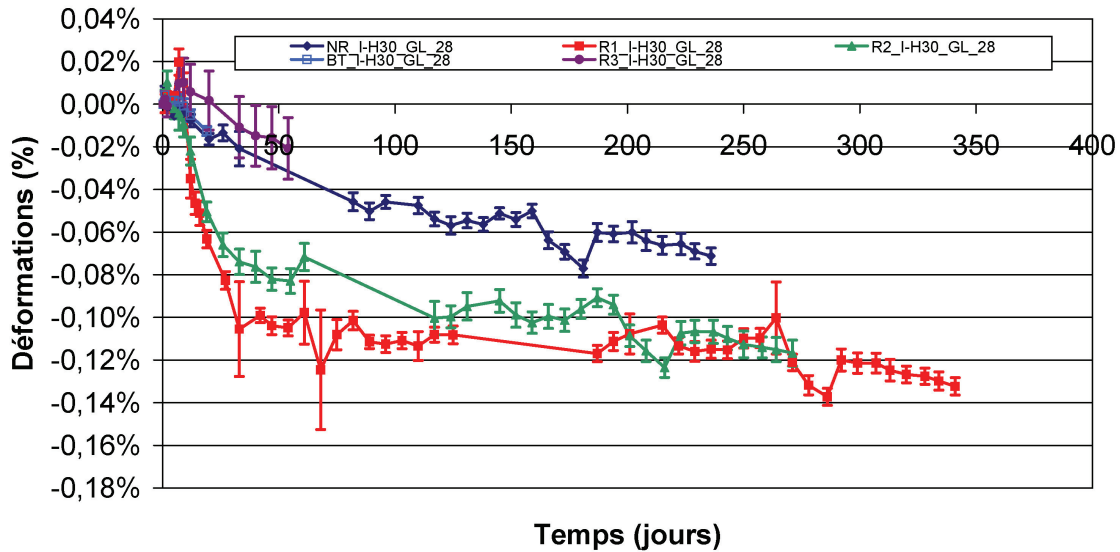


A3.5 Suivis dimensionnels recalés à l'instant du basculement des conditions de conservation

A3.5.1 Conservation I-H30

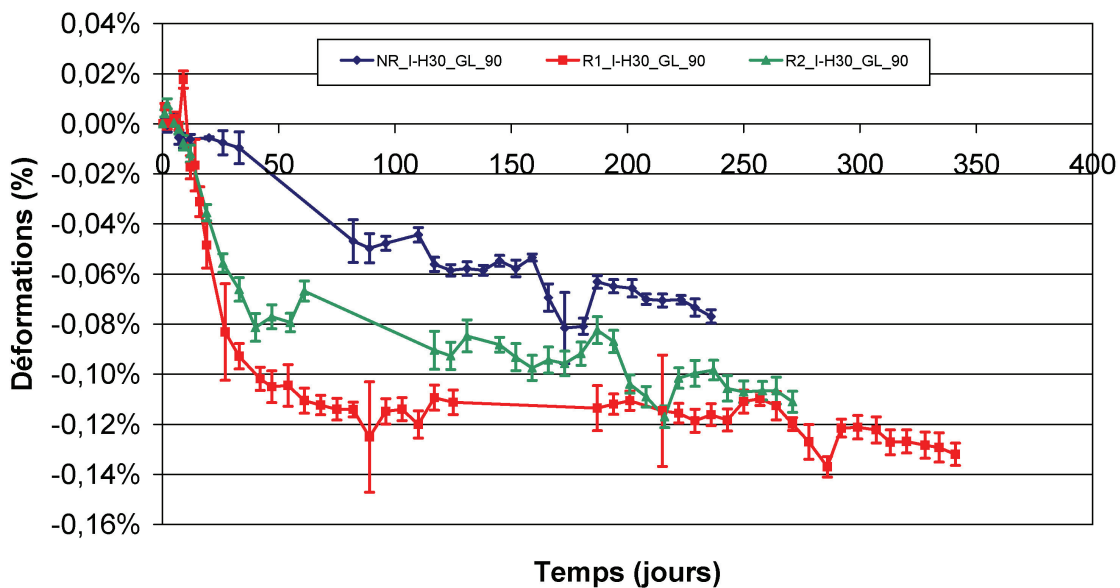
A3.5.1.1 Carottage à 28 jours

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre I-H30
Carottage 28 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.1.2 Carottage à 90 jours

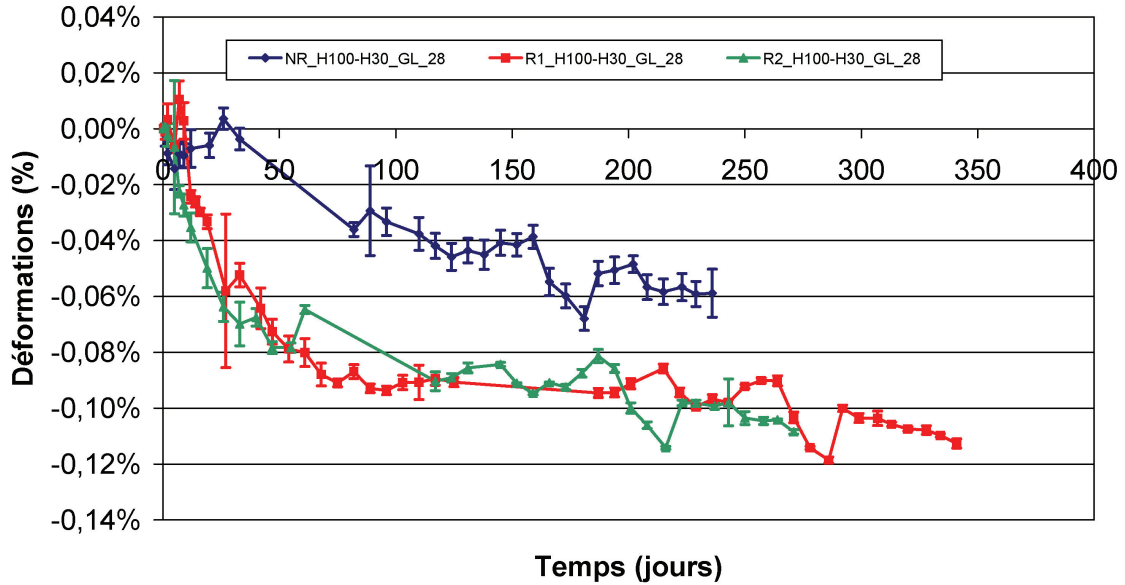
Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre I-H30
Carottage 90 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.2 Conservation H100-H30

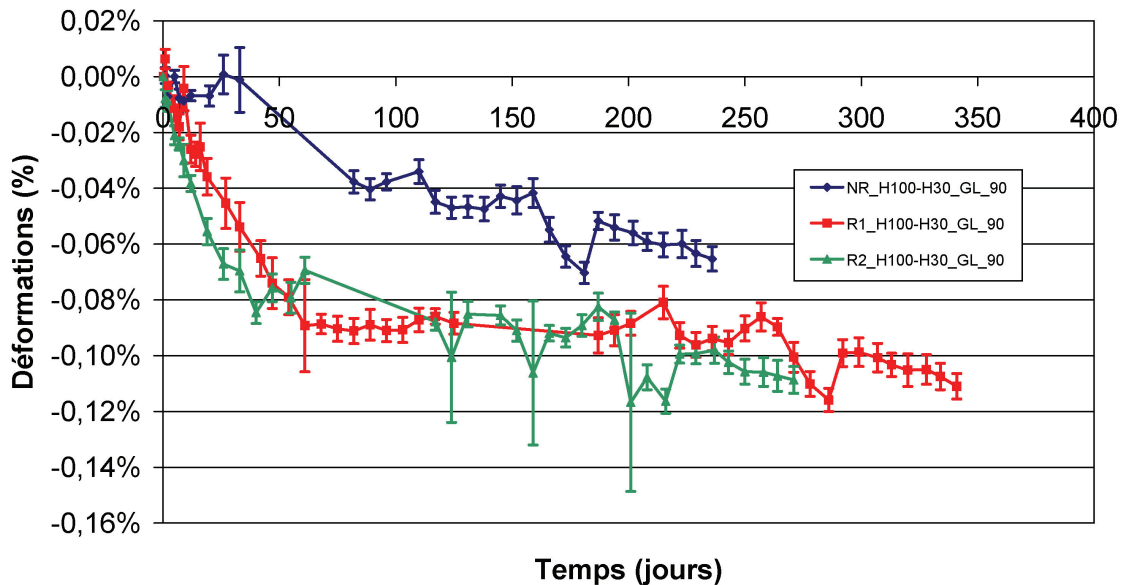
A3.5.2.1 Carottage à 28 jours

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H100-H30
Carottage 28 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.2.2 Carottage à 90 jours

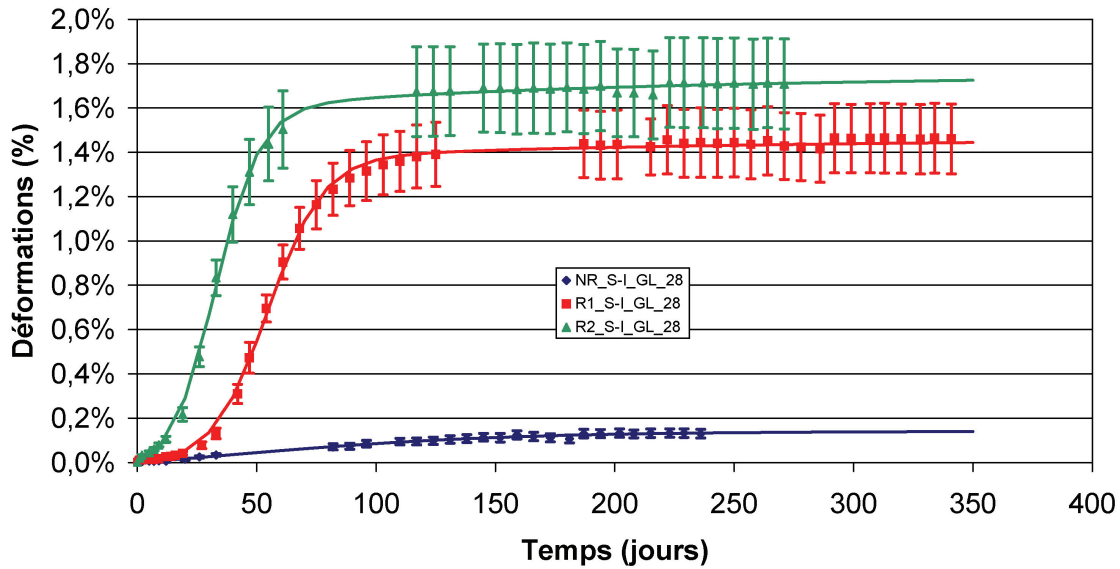
Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H100-H30
Carottage 90 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.3 Conservation S-I

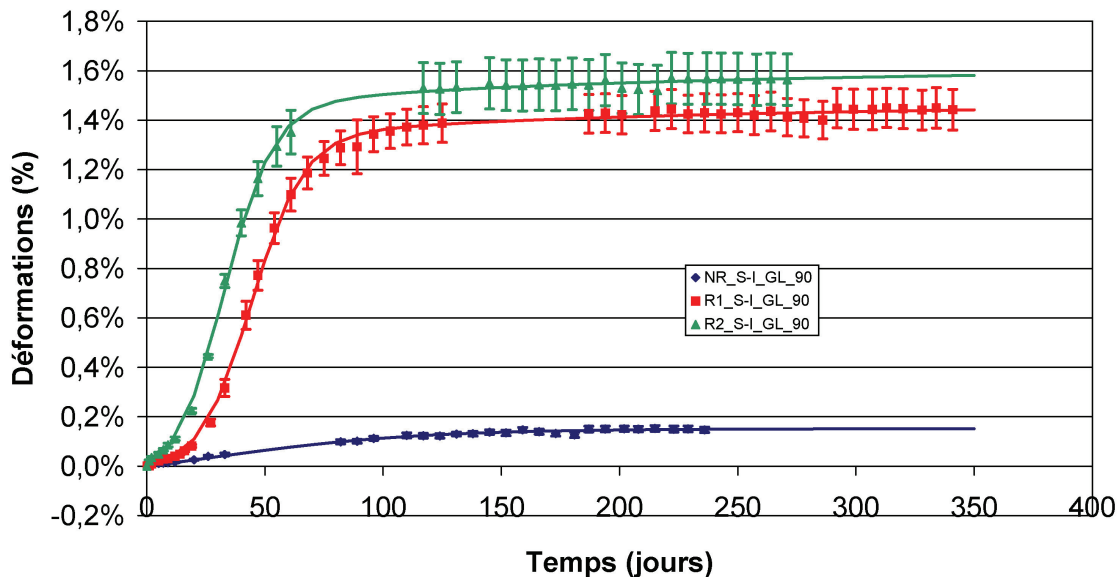
A3.5.3.1 Carottage à 28 jours

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre S-I
Carottage 28 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.3.2 Carottage à 90 jours

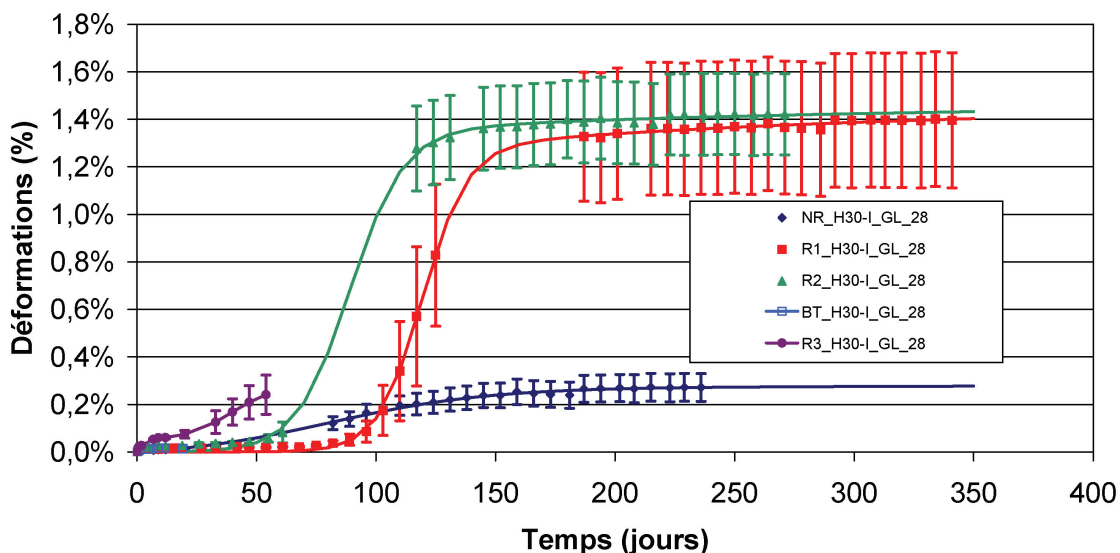
Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre S-I
Carottage 90 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.4 Conservation H30-I

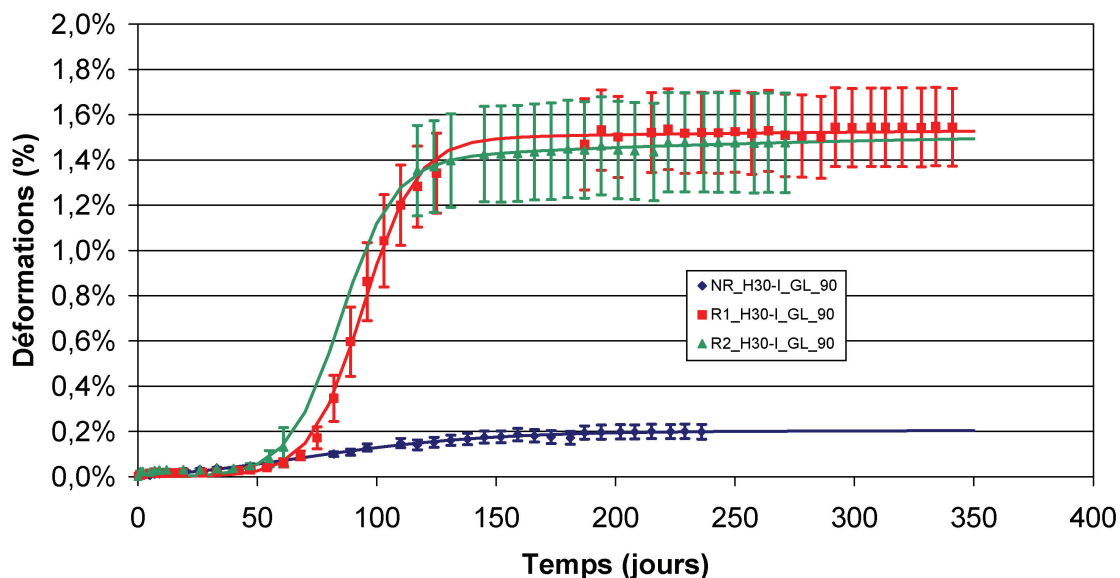
A3.5.4.1 Carottage à 28 jours

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H30-I
Carottage 28 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.5.4.2 Carottage à 90 jours

Suivi dimensionnel des éprouvettes de gonflement libre H30-I
Carottage 90 jours - Recalage après changement de conditions hydriques



A3.6 Paramètres de modélisation des gonflements libres

Formule	NR	NR	NR	NR	R1	R1	R1	R1	R1	R2	R2	R2	R2	R2	R2
Conservation	S-I	H30-I	S-I	H30-I	S-I	H30-I	S-I	H30-I	S-I	S-I	H30-I	S-I	H30-I	S-I	H30-I
Échéance de carottage	28	28	90	90	28	28	90	90	28	28	28	28	28	90	90
ε_{∞_RSI}	0,14%	0,29%	0,15%	0,21%	1,49%	1,54%	1,51%	1,56%	1,79%	1,51%	1,51%	1,51%	1,51%	1,65%	1,58%
τ_{C_RSI}	58	33	44	39	12	9	11	11	9	11	11	11	10	10	11
τ_{L_RSI}	33	79	26	66	54	119	44	94	32	89	89	89	32	32	85
ϕ	7	13	5	9	14	40	20	10	18	23	23	23	19	19	25
δ	90	90	99	90	119	111	120	119	120	119	119	119	120	120	119
Erreur	7.E-08	1.E-07	9.E-08	1.E-07	2.E-06	7.E-07	1.E-06	3.E-06	1.E-06	1.E-06	1.E-06	1.E-06	1.E-06	1.E-06	8.E-07

t = âge matériau – 538 jours

Annexe 6 Synthèse des résultats des essais de gonflement sous contraintes

A1	Suivis dimensionnels – formule NR.....	527
A2	Suivis dimensionnels – formule R1.....	528
A3	Suivis dimensionnels – formule R2.....	529
A4	Suivis dimensionnels – éprouvettes L0T0_SC.....	530
A5	Suivis dimensionnels – éprouvettes L0T4_SC.....	531
A6	Suivis dimensionnels – éprouvettes L15T0_SC.....	532
A7	Suivis dimensionnels – éprouvettes L15T4_SC.....	533

A1 Suivis dimensionnels – formule NR

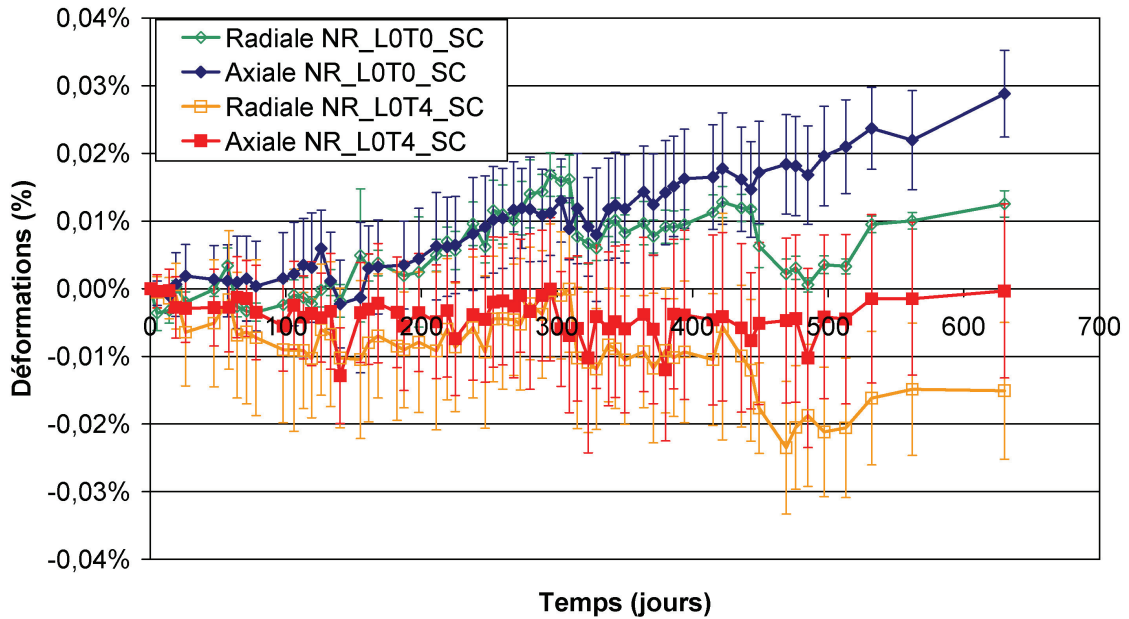


Figure A6. 1 : suivis dimensionnels des éprouvettes NR_L0T.

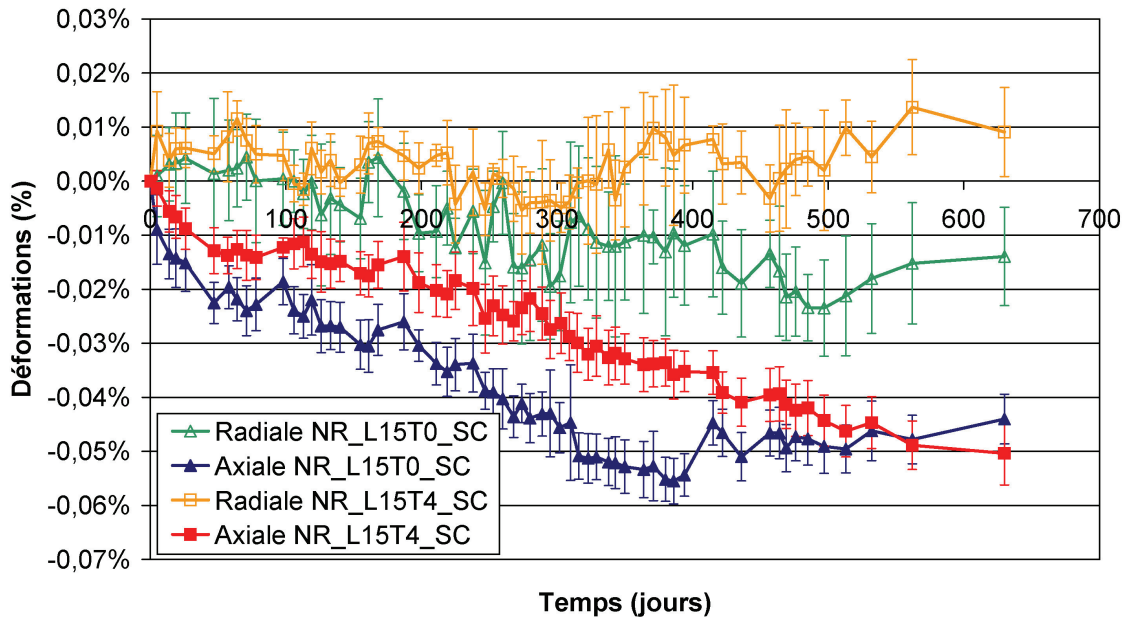


Figure A6. 2 : suivis dimensionnels des éprouvettes NR_L15T.

A2 Suivis dimensionnels – formule R1

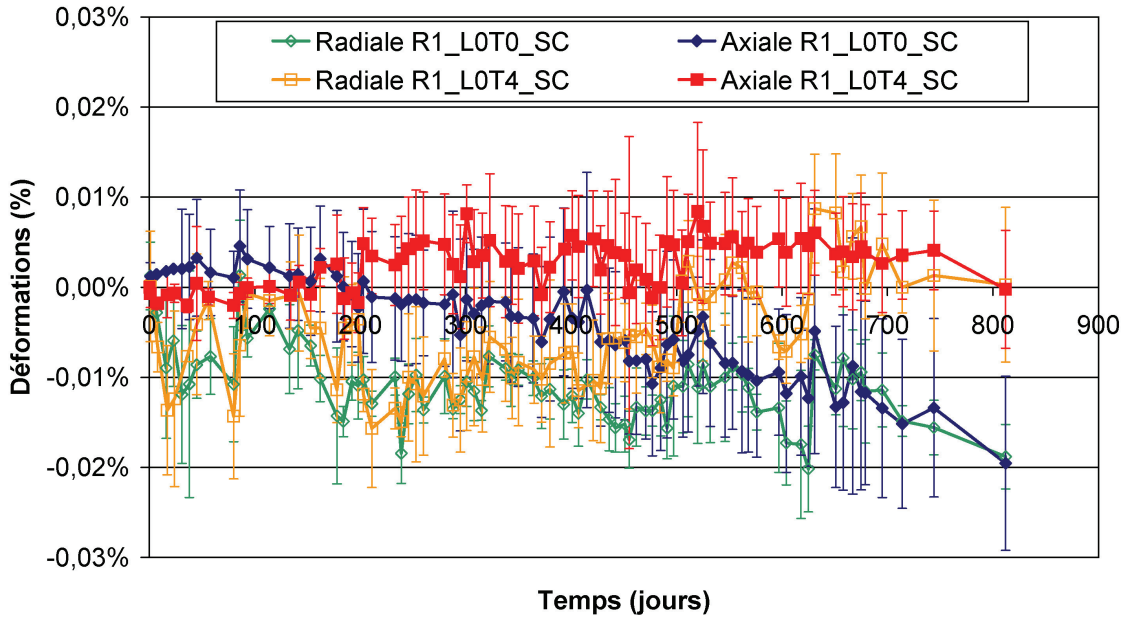


Figure A6. 3 : suivis dimensionnels des éprouvettes R1_L0T.

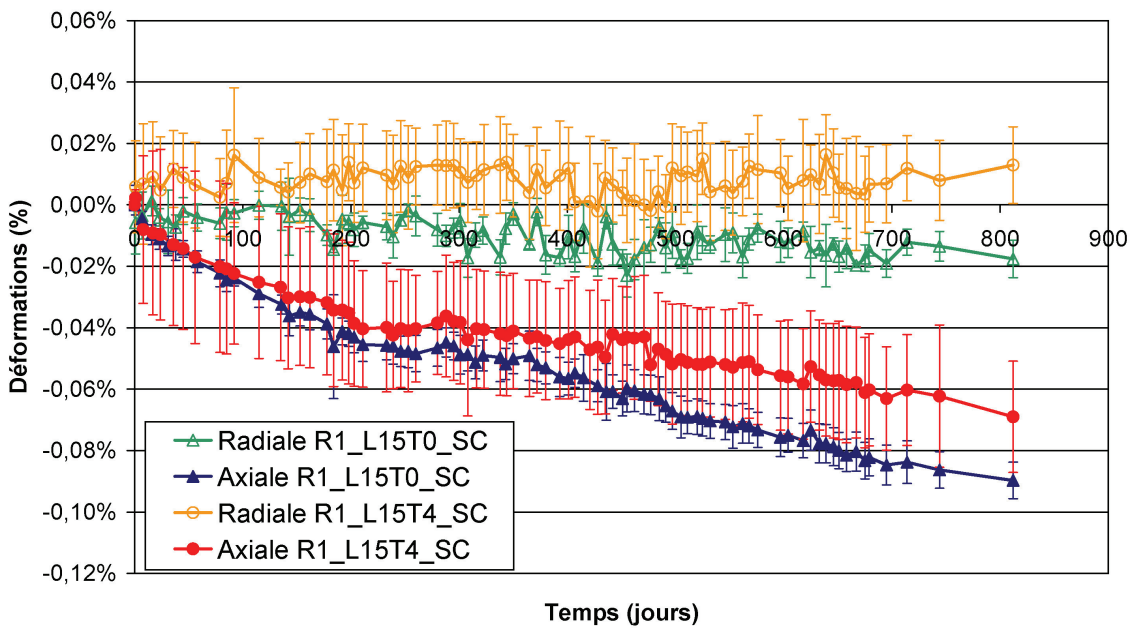


Figure A6. 4 : suivis dimensionnels des éprouvettes R1_L15T.

A3 Suivis dimensionnels – formule R2

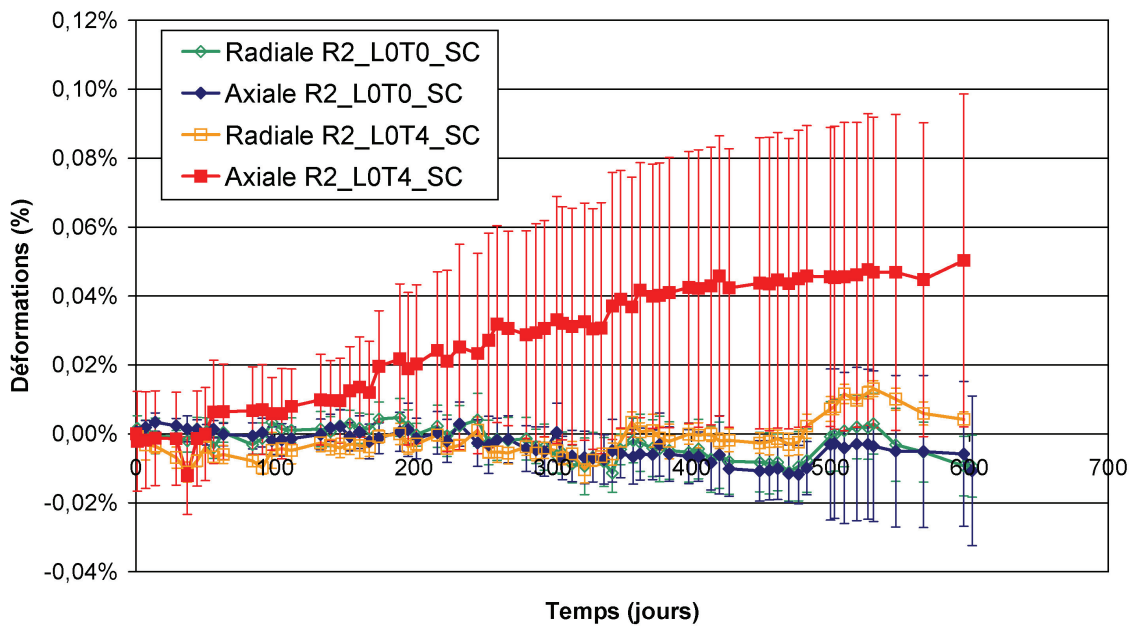


Figure A6. 5 : suivis dimensionnels des éprouvettes R2_L0T.

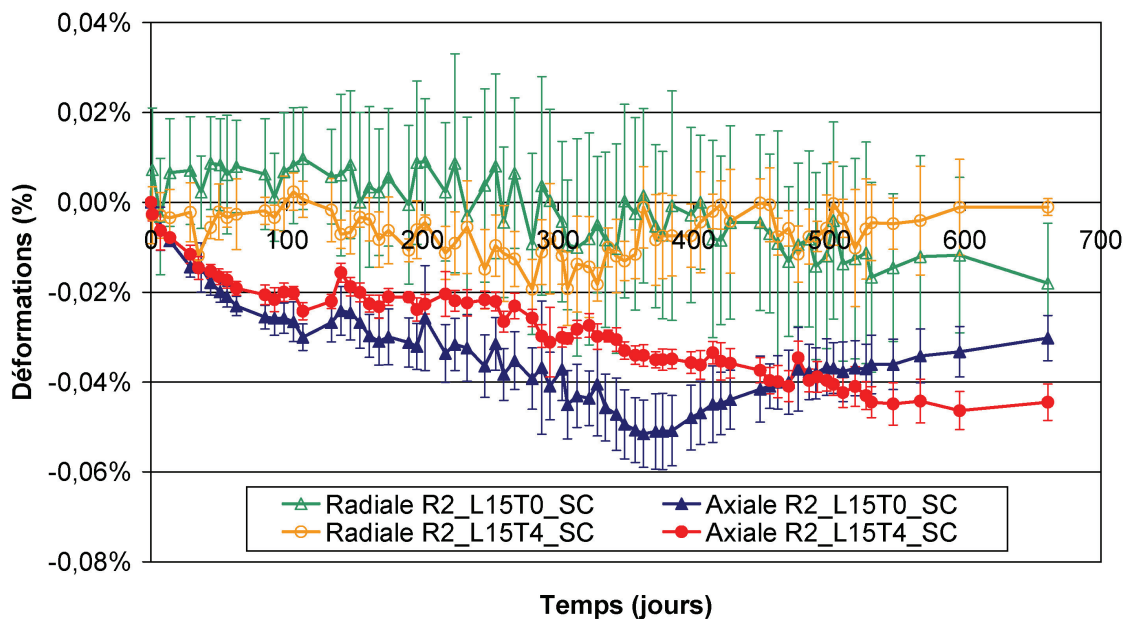


Figure A6. 6 : suivis dimensionnels des éprouvettes R2_L15T.

A4 Suivis dimensionnels – éprouvettes L0T0_SC

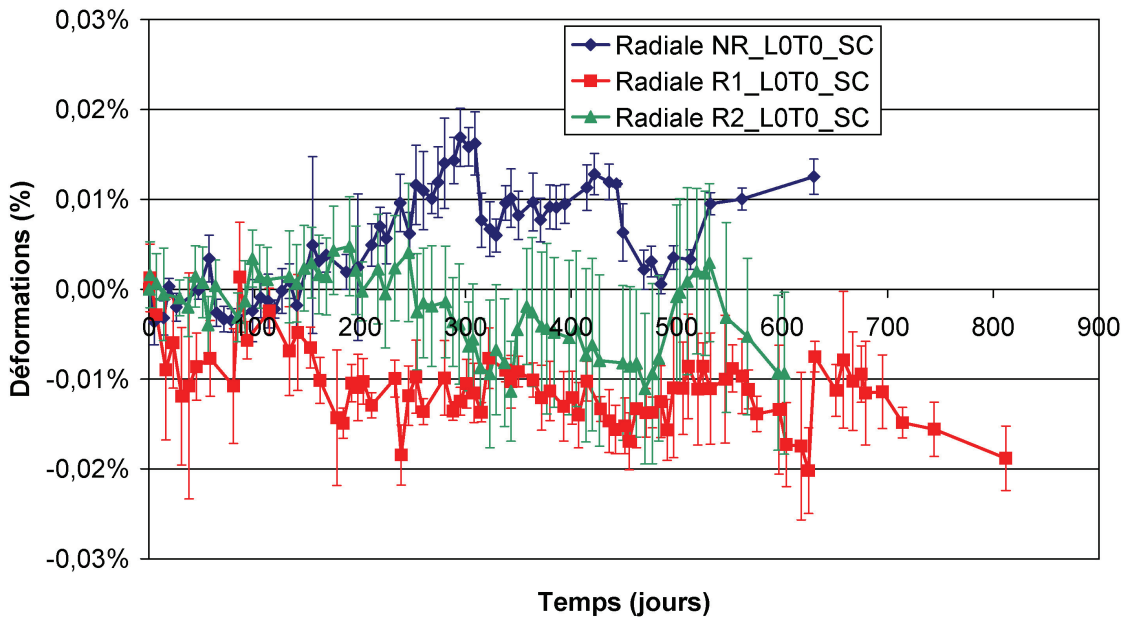


Figure A6. 7 : suivis dimensionnels radiaux des éprouvettes L0T0_SC

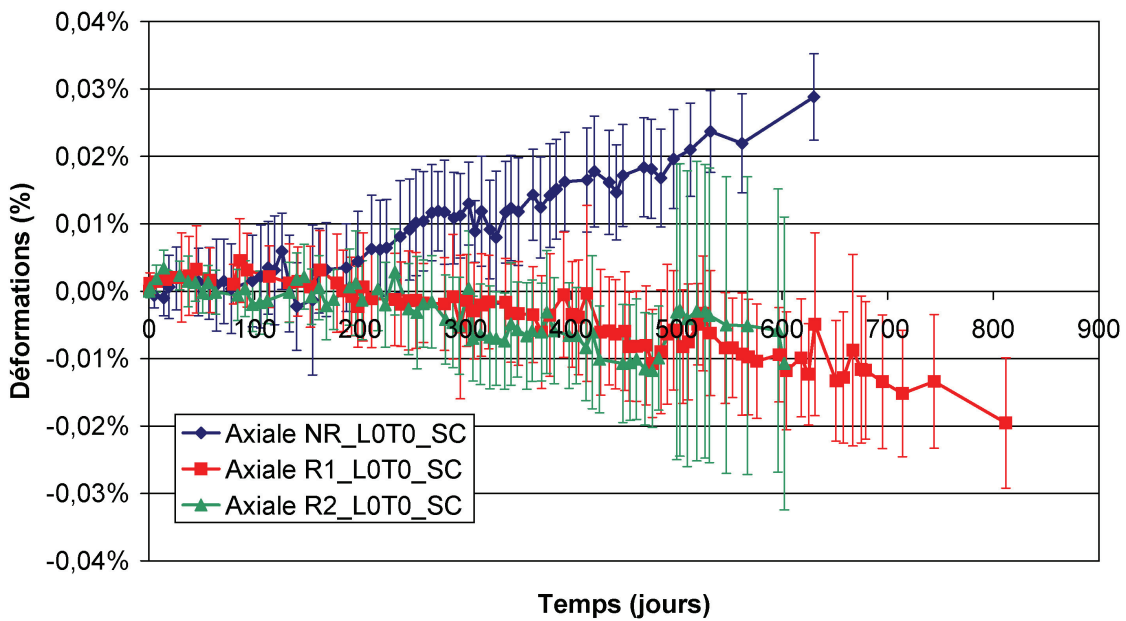


Figure A6. 8 : suivis dimensionnels axiaux des éprouvettes L0T0_SC

A5 Suivis dimensionnels – éprouvettes L0T4_SC

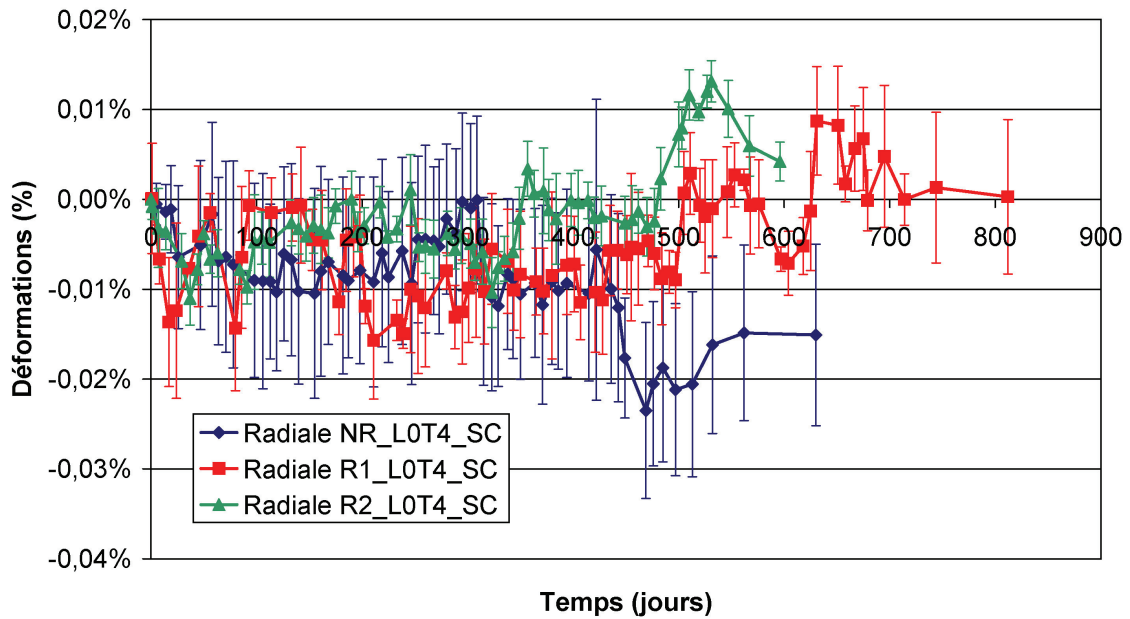


Figure A6. 9 : suivis dimensionnels radiaux des éprouvettes L0T4_SC

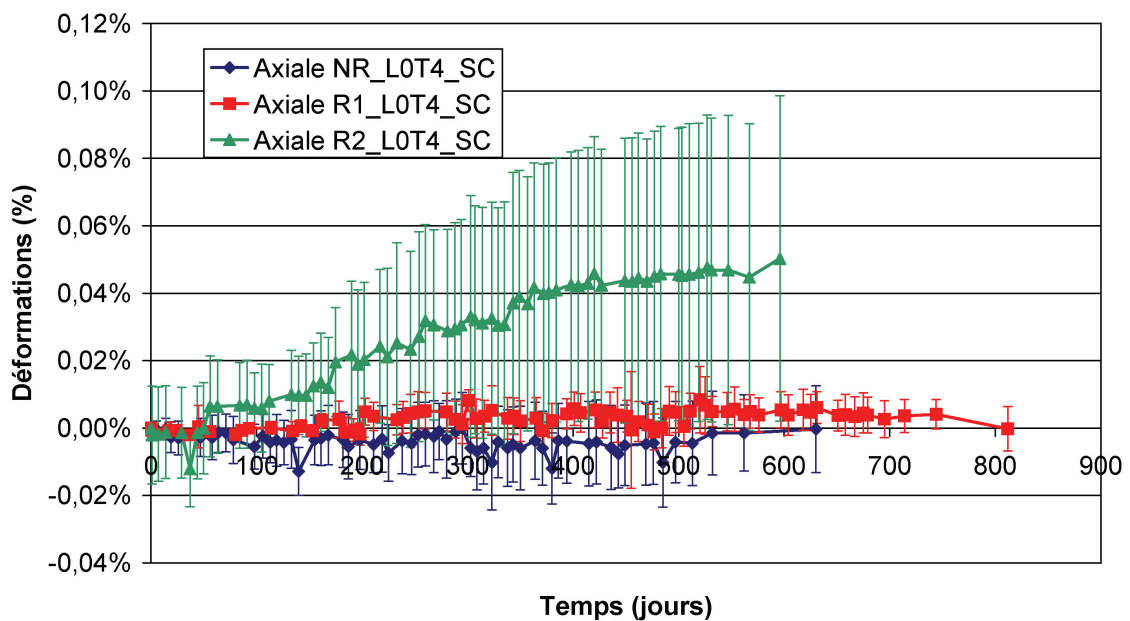


Figure A6. 10 : suivis dimensionnels axiaux des éprouvettes L0T4_SC

A6 Suivis dimensionnels – éprouvettes L15T0_SC

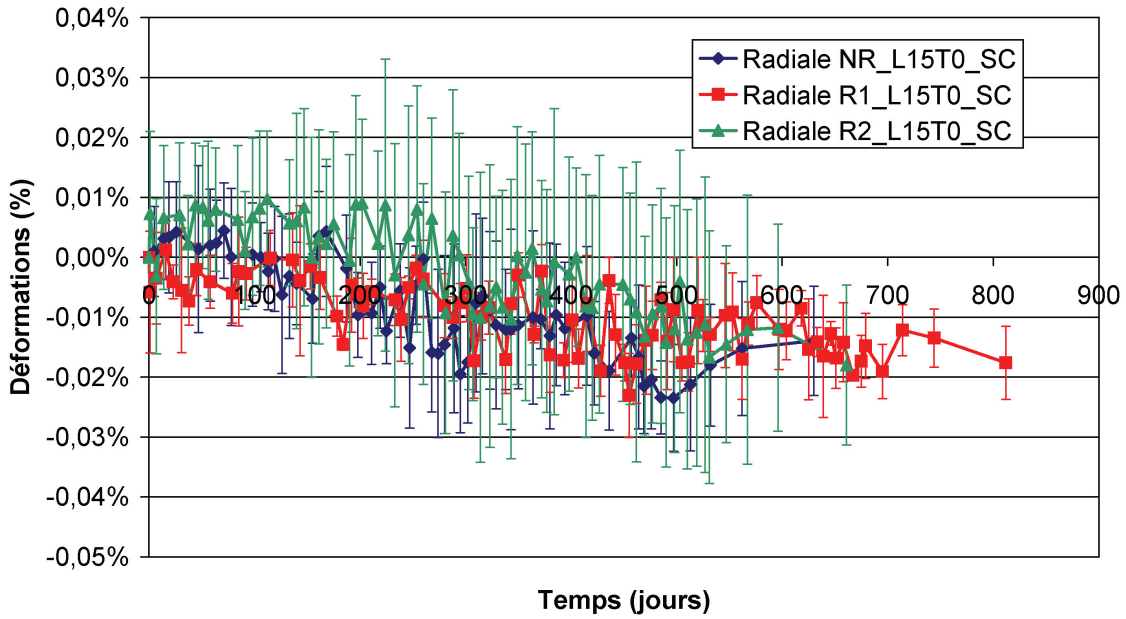


Figure A6. 11 suivis dimensionnels radiaux des éprouvettes L15T0_SC

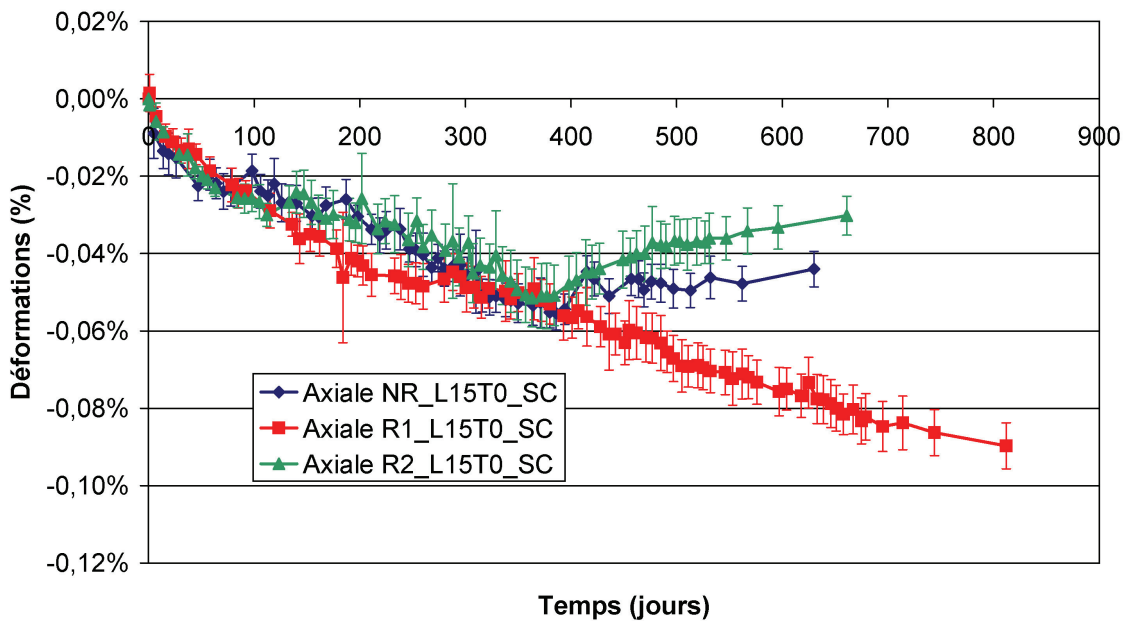


Figure A6. 12 : suivis dimensionnels axiaux des éprouvettes L15T0_SC

A7 Suivis dimensionnels – éprouvettes L15T4_SC

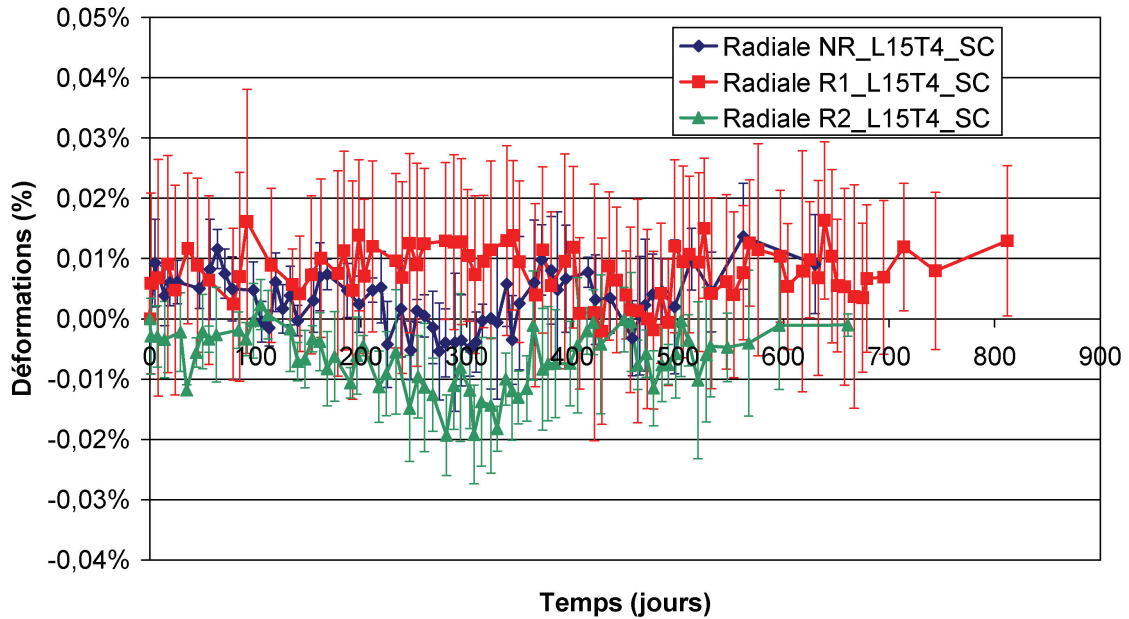


Figure A6. 13 : suivis dimensionnels radiaux des éprouvettes L15T4_SC

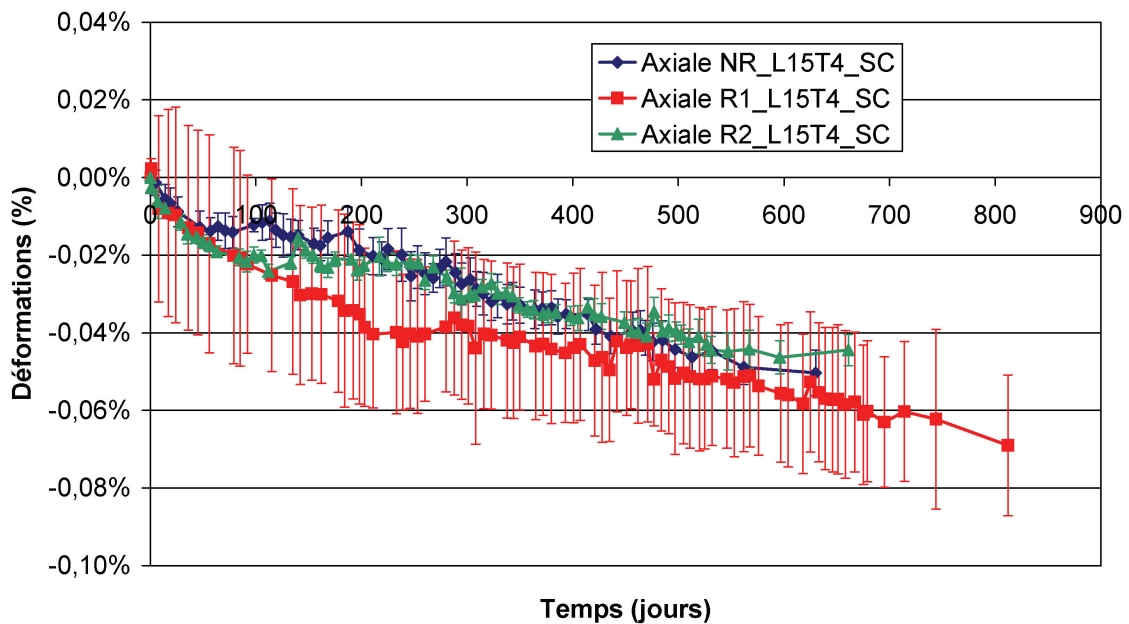


Figure A6. 14 : suivis dimensionnels axiaux des éprouvettes L15T4_SC

