



Réhabilitation des sols

Produits et Solutions Lafarge

FRICHES INDUSTRIELLES

SOLIDIFICATION et STABILISATION



Daniel Héroux, *ing. P.Eng*
Directeur secteur minier et réhabilitation

Danielle Palardy, *ing., Ph.D*
Ingénieure au service technique

FRICHES INDUSTRIELLES

SOLIDIFICATION et STABILISATION



Daniel Héroux, ing. P.Eng
Directeur secteur minier et réhabilitation

Danielle Palardy, ing., Ph.D
Ingénieure au service technique



**ATTENTION
DANGEREUX**

sites de
déchets
toxiques

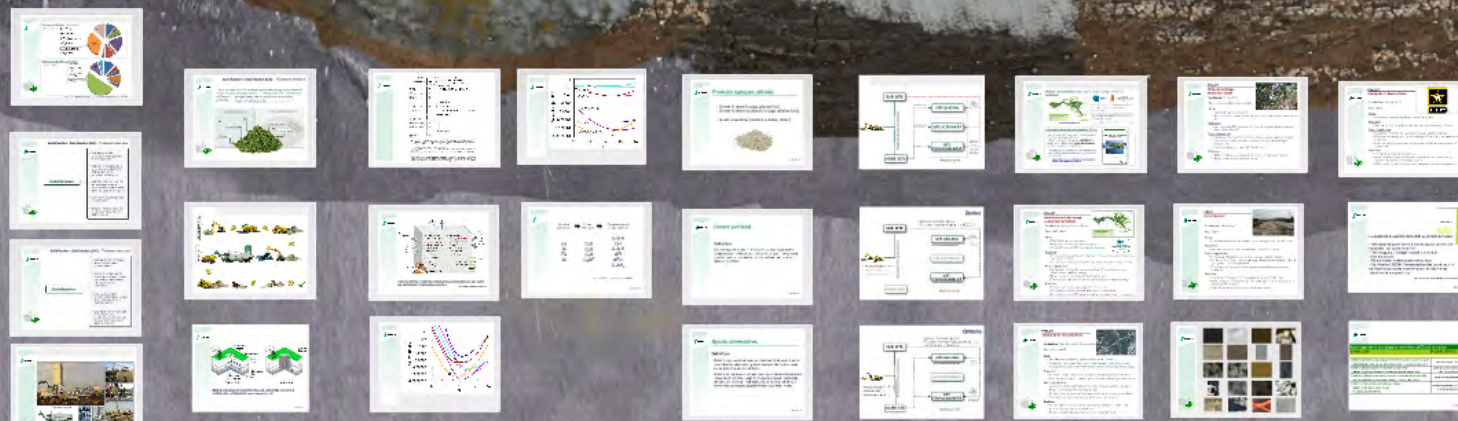
mines
abandonnées

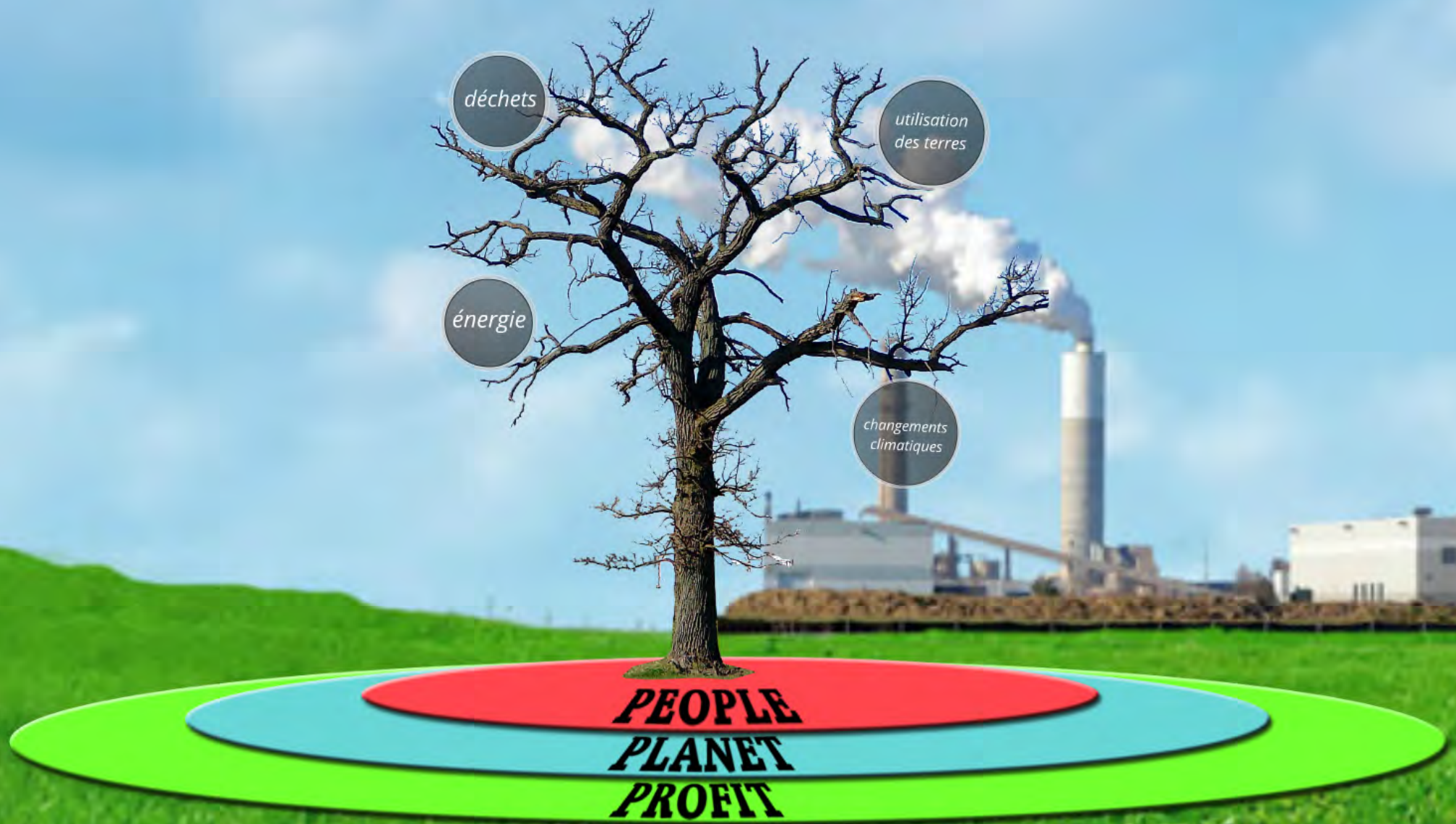
sites de
stockage
qui fuient

installations
militaires
contaminées

13 000+ sites
à travers le
Canada

anciens
sites
industriels





sites des
déchets
toxiques

mines
abandonnées

sites de
stockage
qui fuient

installations
militaires
contaminés

anciens
sites
industriels

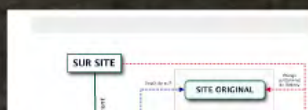
13 000+ sites
à travers le
Canada

ATTENTION
DANGEREUX



Produits typiques utilisés

- Ciment Portland à usage général (GUL)
- Ciment Portland au calcaire à usage général (GUL)



Projet de réhabilitation

Le Gouvernement du Canada a financé la réhabilitation de ce site contaminé par des déchets toxiques.

PROJET

Site de réhabilitation, Remise en état.

Localisation: Toronto, ON

Date: 2010-2011

Site: 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

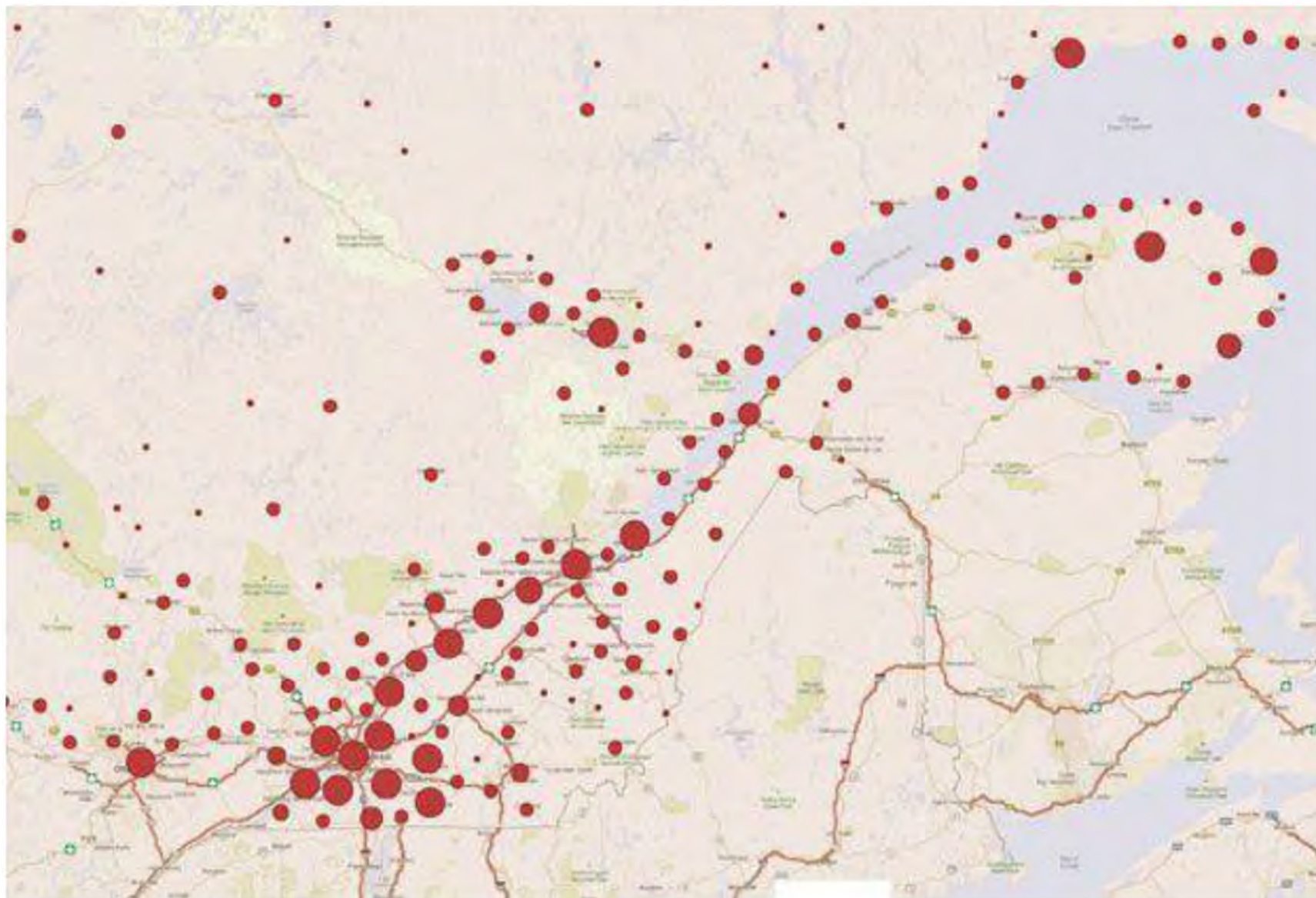
PROJET

Site de réhabilitation, Remise en état.

Localisation: 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Carte interactive des terrains contaminés

Source: Les affaires 2014

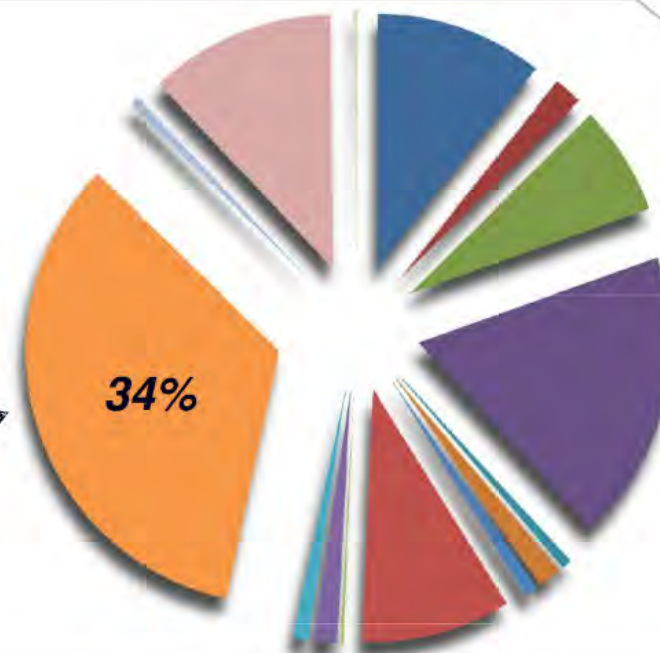


5 593 emplacements répertoriés au Québec par les gouvernements québécois et fédéral.

Traitement Ex Situ [1982 – 2008]

53% (598 sites)

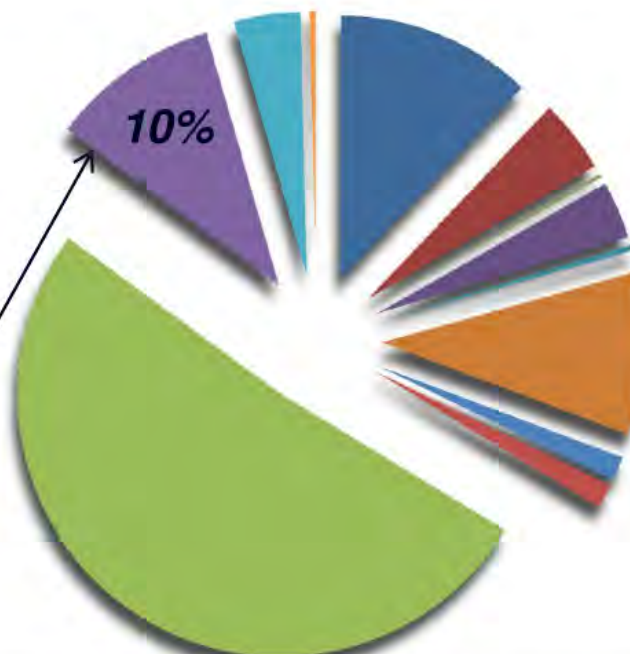
- Bioremediation
- Chemical Treatment
- Incineration (on-site)
- Incineration (off-site)
- Mechanical Soil Aeration
- Neutralization
- Open Burn / Open Detonation
- Physical Separation (incl. recycling)
- Phytoremediation
- Soil Vapor Extraction
- Soil Washing
- Solidification / Stabilization
- Solvent Extraction
- Thermal Desorption
- Vitrification



Traitement In Situ [1982 – 2008]

47% (537 sites)

- Bioremediation
- Chemical Treatment
- Electrical Separation
- Flushing
- Mechanical Soil Aeration
- Multi-Phase Extraction
- Neutralization
- Phytoremediation
- Soil Vapor Extraction
- Solidification / Stabilization
- Thermal Treatment
- Vitrification



Solidification / Stabilisation (S/S) : Traitement des sols



Solidification

- Changement des propriétés physiques des sols contaminés
- Réduction marquée de la porosité, la conductivité hydraulique et la perméabilité des sols
- Réduction de la solubilité, du lessivage et de la mobilité des contaminants dans les eaux d'infiltration
- Confinement physique des contaminants
- Obtention d'une base très solide pour applications additionnelles



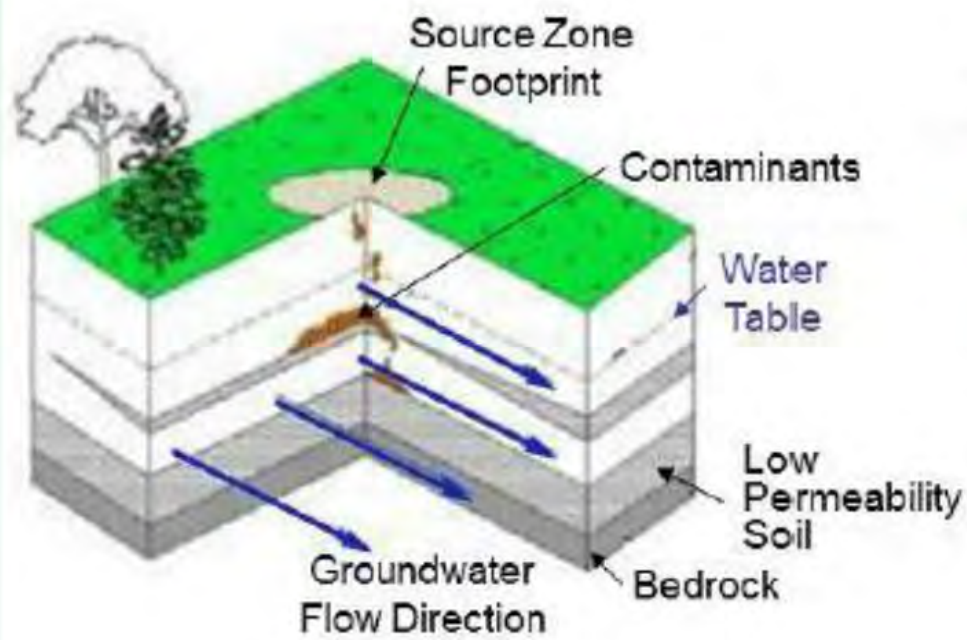
Solidification / Stabilisation (S/S) : Traitement des sols



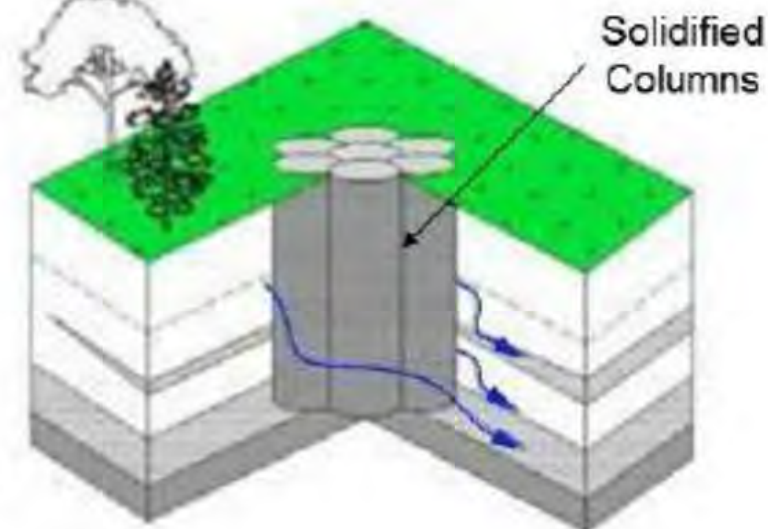
Stabilisation

- Changements chimiques des sols et/ou des contaminants
- Conversion, due au pH élevé, des métaux lourds en oxydes, hydroxydes insolubles et non lessivables
- Incorporation des contaminants dans les gels de silicate de calcium hydraté (CSH)
- Changement chimique des sols amène une solidification plus facile de ces derniers (particules dans la matrice)





Before S/S



After S/S

Modèle conceptuel du traitement des sols contaminés sur site par solidification / stabilisation Source: modifiée de Palaia, 2007



Twin shaft pugmill

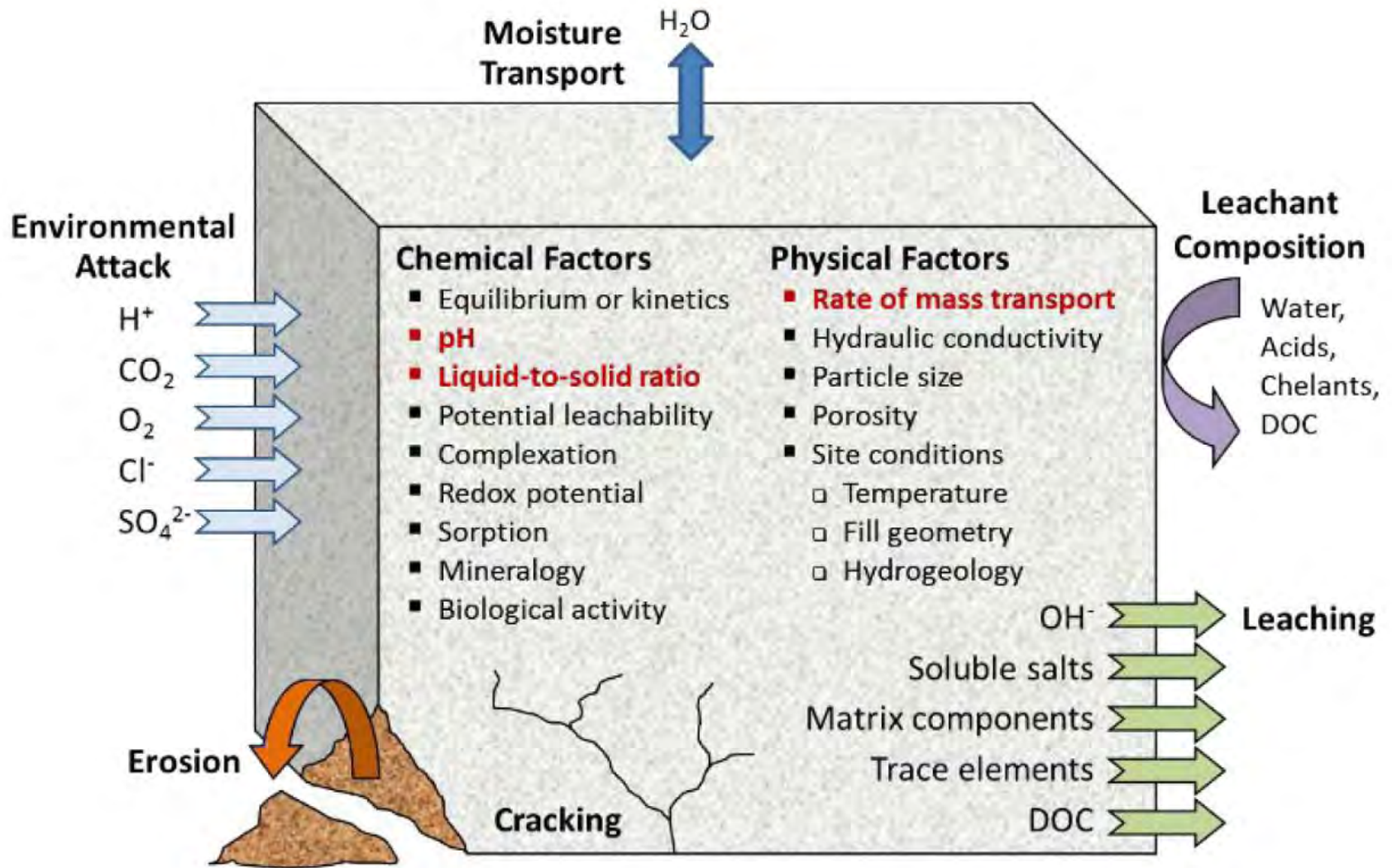


ÉTUDE DE PRÉCONCEPTION



ESSAIS DE CONTRÔLE
DE CHANTIER





Facteurs internes et externes influençant les performances de sols traités par solidification / stabilisation au ciment

Source: modifiée de Garrabrants et Kosson, 2005



Table 2-1. Documented effectiveness of S/S treatment for chemical groups

Chemical groups	Citations for treatment effectiveness ^a		
	EPA 1993a ^b	EPA 2009b ^b	Other references ^c
<i>Organic chemicals</i>			
HVOCs ^d	N	N	D, with pretreatment (Paria and Yuet 2006)
N-HVOCs ^d	N	N	D, with pretreatment (Paria and Yuet 2006)
HSVOCs ^d	D	D	
N-HSVOCs, N-VOCs ^d	D	D	
PCBs	P	D	
Pesticides	P	D	
Dioxins/furans	P	P	D (Bates, Akindele, and Sprinkle 2002, PASSiFy Project 2010)
Organic cyanides	P	P*	D (Wilk 2007)
Organic corrosives	P	P*	D (Wilk 2007)
Pentachlorophenol	–	–	D (Bates, Akindele, and Sprinkle 2002, Wilk 2007)
Creosotes, coal tar	–	–	D (Bates, Akindele, and Sprinkle 2002, Wilk 2007)
Heavy oils	–	–	D (Wilk 2003)
<i>Inorganic chemicals</i>			
Volatile metals	D	D*	
Nonvolatile metals	D	D	
Asbestos	D	D*	
Radioactive materials	D	D	
Inorganic corrosives ^d	D	D*	
Inorganic cyanides ^d	D	D*	
Mercury	D	D*	EPA 2007b
<i>Reactive chemicals</i>			
Oxidizers	D	D*	
Reducers	D	D*	

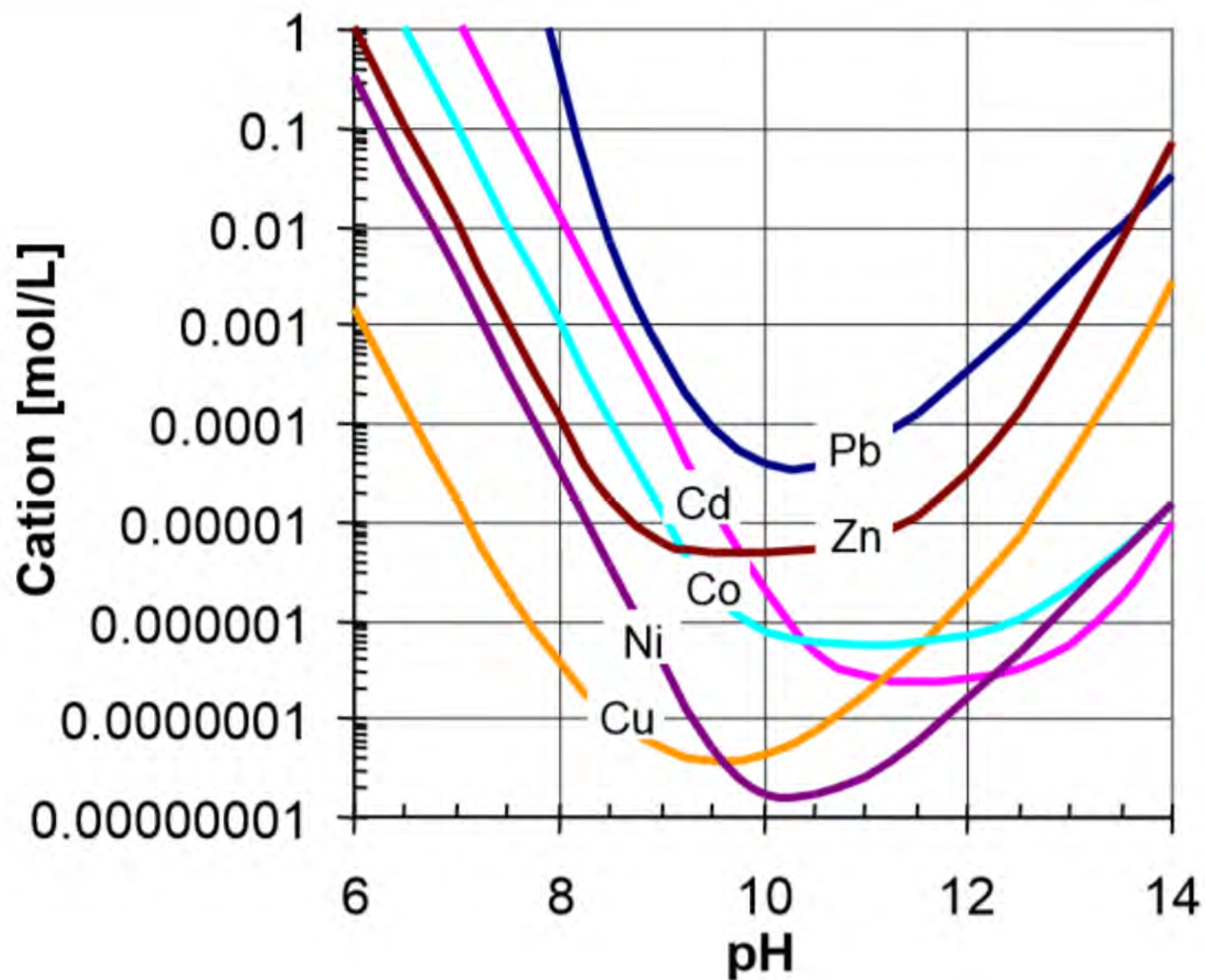
^a Key:

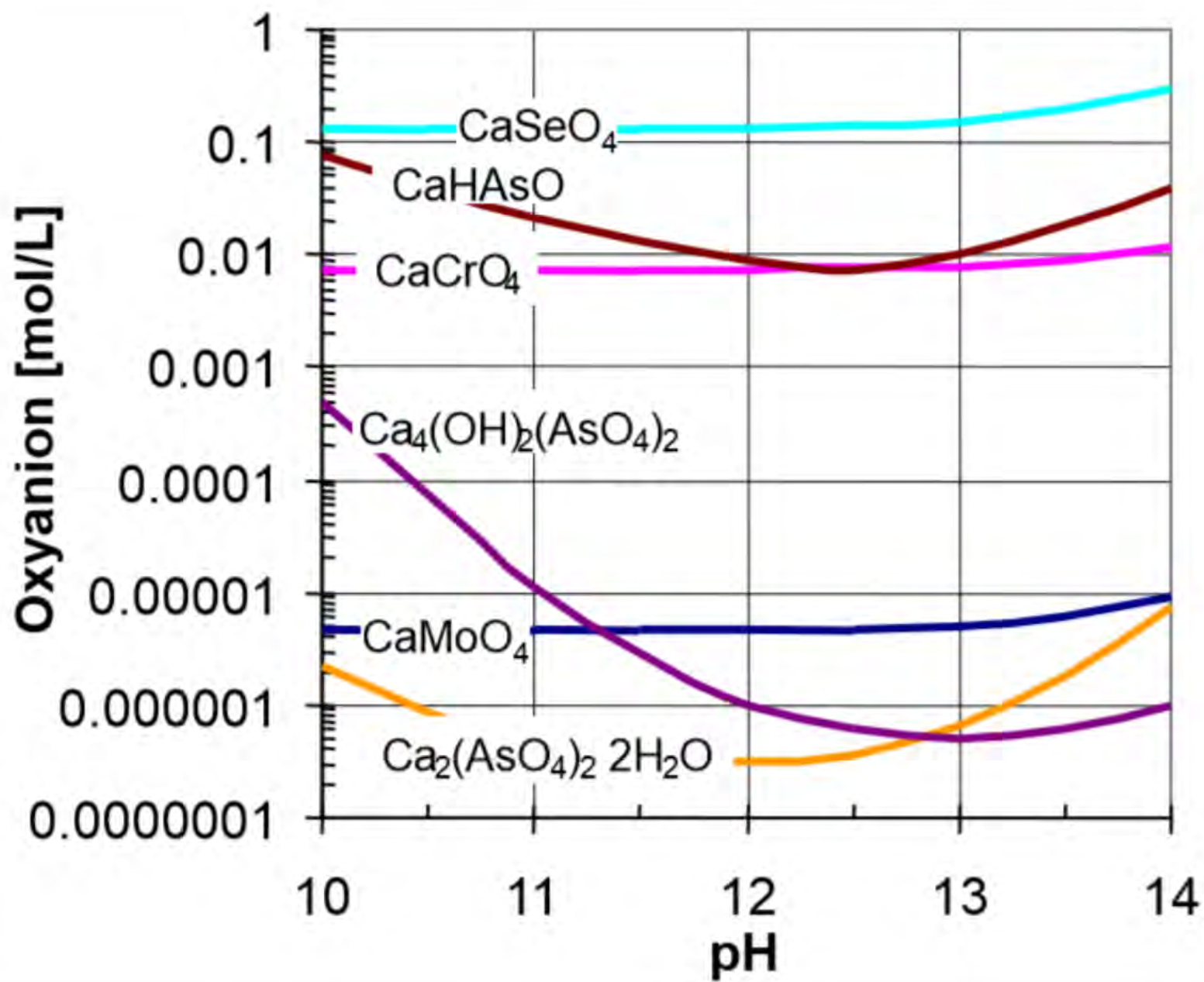
- N = no expected effectiveness. P = potential effectiveness. D = demonstrated effectiveness.
- P*/D* = S/S effectiveness was specifically stated in EPA 1993a but not in EPA 2009b; effectiveness is assumed to be the same in 2009. EPA 2007b documents the selection and use of S/S at National Priorities List (NPL) sites, but EPA does not indicate the effectiveness of the remedy.
- – = This chemical was not specifically discussed in EPA 1993a or 2009b, but effectiveness has been documented in other references (see rightmost column).

^b See EPA references (EPA 1993a, 1993c, 2009b) on use of S/S for organics and inorganics and for site remediation.

^c Other references provide S/S effectiveness for specific chemical groups for which EPA (1993a, 2009b) has not specifically stated S/S effectiveness as “D.”

^d Halogenated volatile chemicals (HVOCs) include solvents, gases; nonhalogenated volatile chemicals (N-HVOCs) include ketones/furans, aromatics; halogenated semivolatile chemicals (HSVOCs) include PCBs, pesticides, chlorinated benzenes, chlorinated phenols; nonhalogenated semivolatile chemicals (N-HSVOCs) include PAHs, nonchlorinated phenols; inorganic corrosives include hydrochloride (HCL), sulfuric acid, sodium hydroxide, potassium hydroxide; inorganic cyanides include salts of cyanide (CN⁻). N-VOCs = nonvolatile organic compounds.



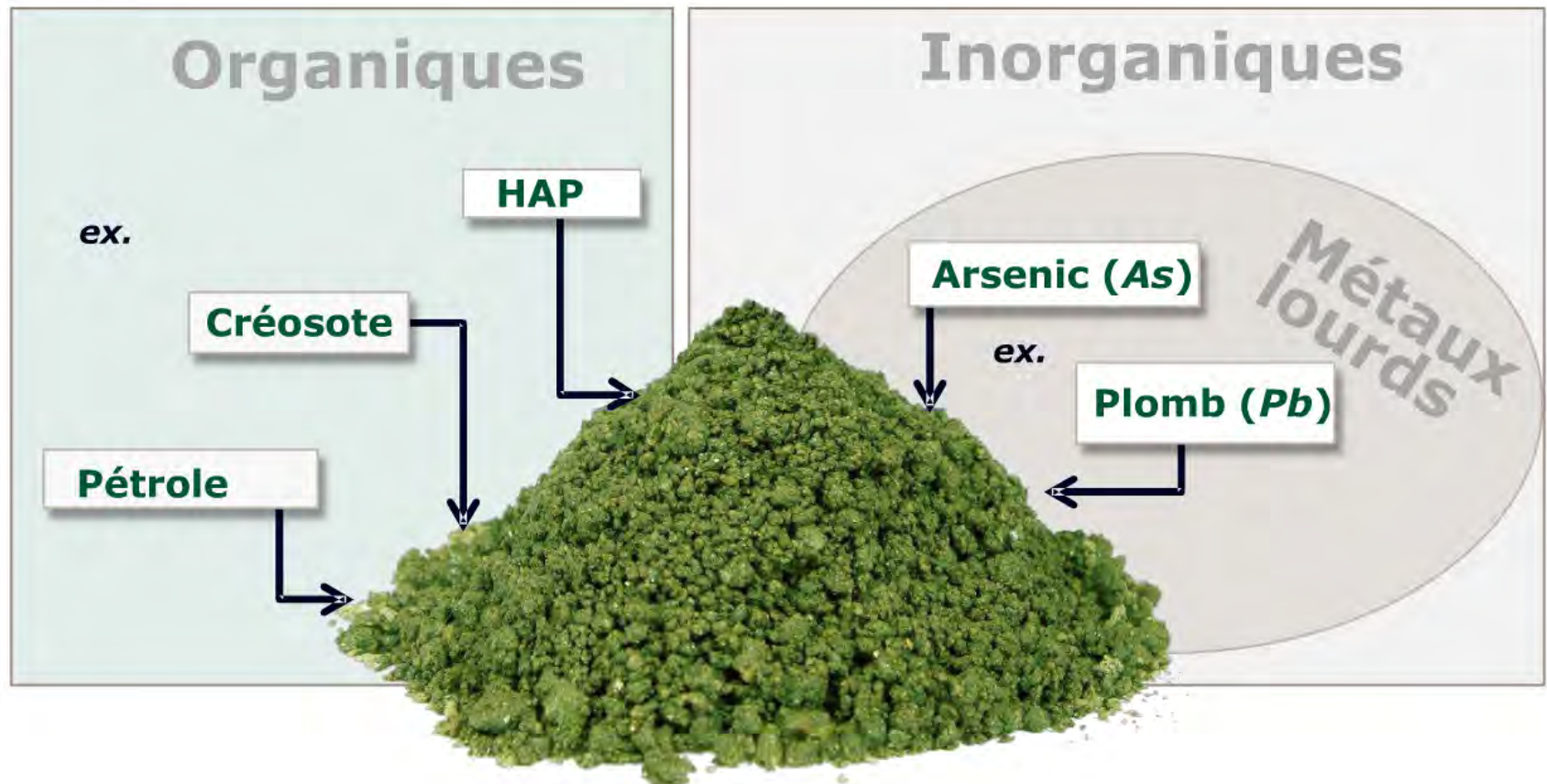


Solidification / Stabilisation (S/S) : Traitement des sols



“ On a recours à la S/S au ciment pour traiter une grande variété de contaminants tant inorganiques — métaux lourds comme le plomb et l’arsenic — qu’organiques, tels le créosote et les produits pétroliers ” - Association Canadienne du Ciment

[http://www.cement.ca/images/stories/Solutions Au Ciment pour la Rehabilitation.pdf](http://www.cement.ca/images/stories/Solutions%20Au%20Ciment%20pour%20la%20Rehabilitation.pdf)



Matières
premières



Ciment
Portland



Composantes du
ciment hydraté

Ca
Al
Fe
Si

C_3S
 C_2S
 C_2A
 C_4AF

C-S-H
CH
C-A-H
AFt
AFm
 C_3AH_6

$CH = Ca(OH)_2 = \text{Hydroxyde de calcium}$

Produits typiques utilisés

- Ciment Portland à usage général (GU)
- Ciment Portland au calcaire à usage général (GUL)
- Ajouts cimentaires (cendres volantes, laitier)



Ciment portland

Définition

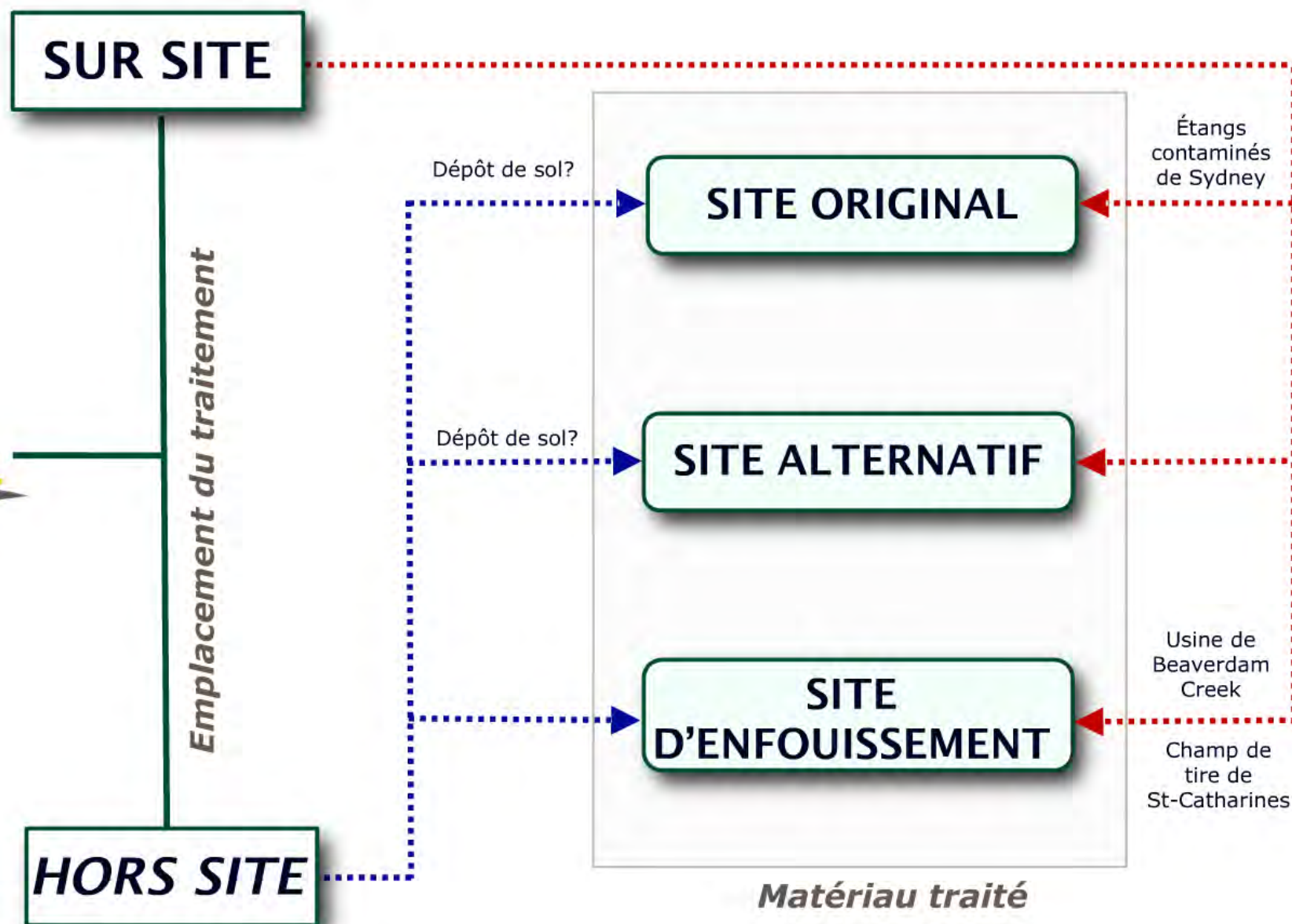
Le ciment portland est un liant hydraulique principalement composé de silicates de calcium hydrauliques qui fait prise et durcit en vertu d'une réaction chimique avec l'eau que l'on appelle hydratation

Ajouts cimentaires

Définition

Matériau qui, combiné avec le ciment portland, contribue aux propriétés du béton durci grâce à ses qualités hydrauliques ou pouzzolaniques, ou les deux.

Matériau siliceux ou aluminosiliceux qui, finement divisé et en présence d'humidité, réagit chimiquement avec l'hydroxyde de calcium libéré par l'hydratation du ciment portland pour former des composés possédant des propriétés liantes.



- *Ex situ* et *in situ* sont permis
- Traitement *ex situ* privilégié par le MDDELCC

SUR SITE

Emplacement du traitement



- Métaux lourds (Cu, Pb,..)
- HSVOCs (PCBs,..)
- N-HSVOCs (PAHs,..)

~~HORS SITE~~

SITE ORIGINAL

Pas utilisé comme remblai final

SITE ALTERNATIF

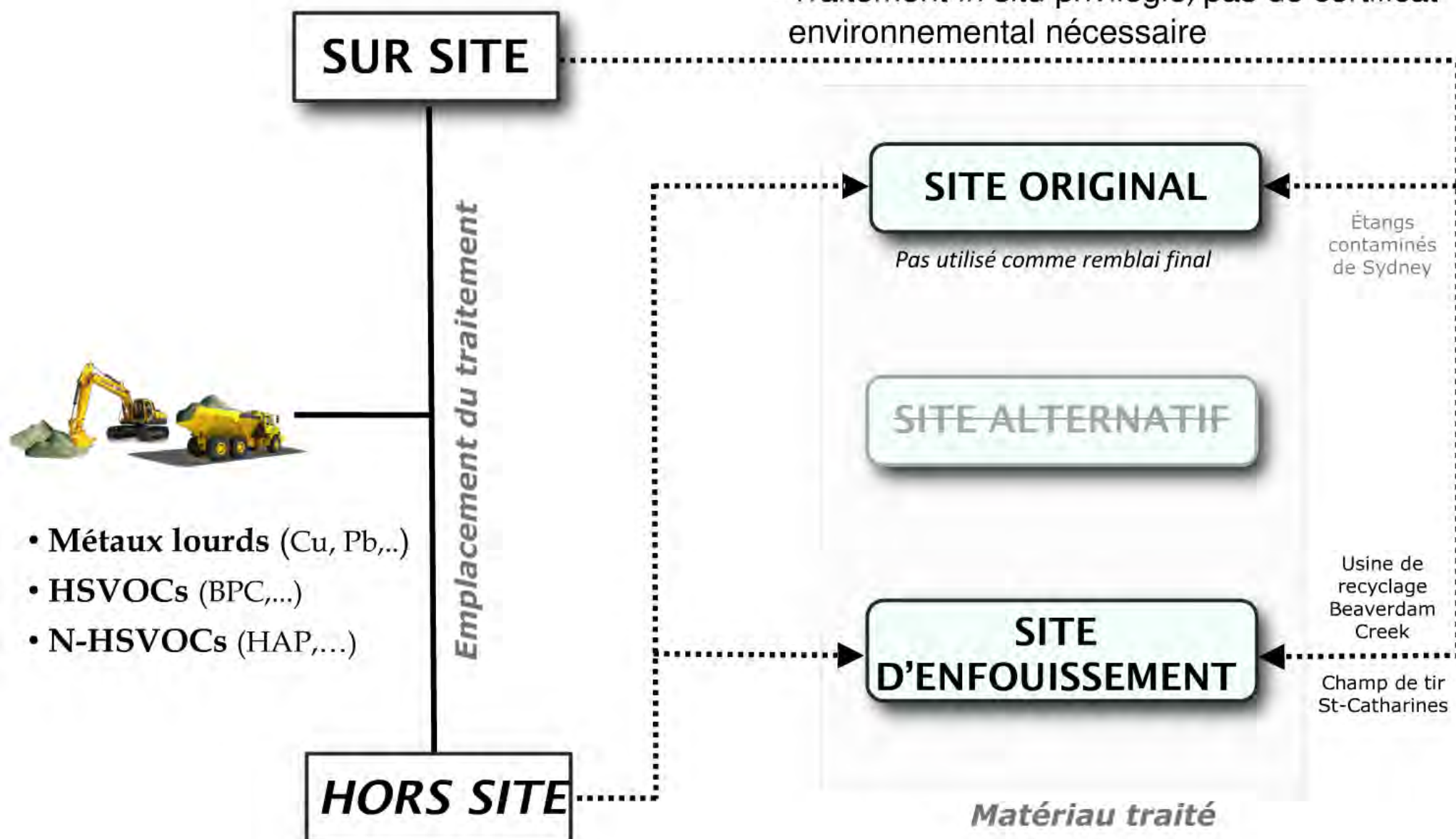
SITE D'ENFOUISSEMENT

Matériau traité

Port de Montréal

Étangs contaminés de Sydney

- *Ex situ* et *in situ* sont permis
- Traitement *in situ* privilégié; pas de certificat environnemental nécessaire



Meilleur projet global: Assainissement des étangs contaminés de Sydney



www.tarpondscleanup.ca



Gagnant
Meilleur projet global
- 2012 -

Le Gouvernement du Canada a déclaré que les 871 650 tonnes de sols contaminés ont:

"été restaurées avec succès et ce, d'une manière qui protège la santé humaine et l'environnement"

...en utilisant le ciment comme méthode de traitement.

Lignes directrices provinciales: Québec

Les lignes directrices pour la S/S des sols contaminés du Ministère de l'Environnement du Québec (**MDDEFP**) soulignent l'usage des liants hydrauliques comme procédé le plus utilisé.

"Au Québec, la stabilisation et la solidification sont utilisées depuis plusieurs années pour le traitement(...)"

www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/ld-gestion-matres-sols-stabilisation-solid.pdf



■ PROJET

Assainissement des étangs contaminés de Sydney

Localisation : Sydney, Nouvelle-Écosse

Date : 2007 – 2013

Défis :

- 700k TM de matériaux à excaver
- Étangs de boue provenant des fours à coke
- Plus de 3.8 tonnes de **BPC**, **eaux usées** et **benzène**

Exigences :

- Limitation des poussières, spécifications pour résistances à la compression non confinées et perméabilité
- Utilisation futur: parc, sentiers pédestres, terrains de sport et zones humides

Projet / Application :

- *Contracteurs* : Nordlys Environmental and Van Zutphen Construction /
- *Fournisseur des matériaux*: Lafarge
- Réhabilitation d'une surface de près de 100 hectares
- Traitement en place des sols par méthode de S/S, remplissage des étangs

Bénéfices :

- Site stabilisé et contaminants dangereux immobilisés
- Plus grand site contaminé au Canada converti en parc récréatif
- Éviter de détruire les BPC par la méthode la plus répandue soit l'incinération



■ PROJET

Champ de tir, St. Catharines



Localisation: Canal Welland, St. Catharines ON

Date : Octobre 2007

Défis :

- 26k TM de sols hors des exigences résidentiels de l'Ontario
- Champ de tir au pigeon d'argile (site classé comme friches industrielles)
- **Contamination au plomb** et **HAP (Hydrocarbure Aromatique Polycyclique)**

Exigences :

- Site réhabilité doit passer les exigences environnementales pour le résidentiel
- Stabilisation au ciment et immobilisation du plomb à des niveaux acceptables

Projet / Application :

- *Contracteur :* Quantum Remediation / *Fournisseur des matériaux:* Lafarge
- Réhabilitation d'une propriété de 5 hectares
- Reduce concentration of lead to a range below that of regulatory standards
- Traitement sur place et disposition des sols stabilisés hors site

Bénéfices:

- Friches industrielles stabilisées et contaminants dangereux immobilisés
- Site prêt pour la construction résidentielle
- Réduction de 40% des coûts par rapport au budget d'origine



■ PROJET

Usine de recyclage, Beaverdam Creek

Localisation : Thorold, ON

Date : Novembre 2008 – Décembre 2010

Défis :

- 12k TM de matériau contaminé
- Proximité d'un ruisseau, contamination potentielle de l'approvisionnement en eau

Exigences :

- Stabilisation des **BPC** provenant de l'usine de recyclage de papier carbone datant des années 1960

Projet / Application :

- *Contracteur* : Severson Environmental / *Fournisseur des matériaux* : Lafarge
- Traitement sur place et disposition hors site en raison des avantages économiques
- Traitement des sols utilisant 700 TM de ciment

Bénifices:

- Réduction des coûts en raison du traitement sur place avant transport
- Protection de l'approvisionnement en eau



■ PROJET

Port de Montréal

Localisation : Montréal, QC

Date : 2014

Défis:

- Contamination aux métaux lourds et conditions géotechniques déficientes

Exigences :

- Stabilisation sur site et recouvrement avec un enrobé bitumineux

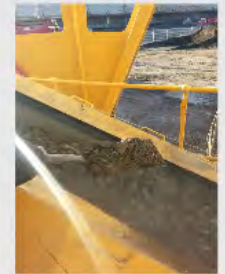
Projet / Application :

- *Entrepreneur* : Pavages Chenail / *Fournisseur des matériaux*: Lafarge
- Utilisation d'un pugmill pour le malaxage des sols contaminés avec ~20% de liant hydraulique composé GUb-SF
- Directement sur le site, sols traités transportés dans des camions -benne et compactés

Bénéfices:

- Zone de haute résistance pour le stockage de conteneurs maritimes
- Réduction des coûts par rapport aux méthodes traditionnelles d'excavation et d'enfouissement hors site
- Amélioration des propriétés techniques des sols traités













































■ PROJET

Champ de tir, Base militaire

Localisation : Michigan, É.-U.

Date : 2004

Défis :

- **Contamination au plomb (Pb)** du premier mètre de sol

Exigences :

- Stabilisation in situ et recouvrement par une couche d'enrobé bitumineux

Projet / Application :

- *Contracteur* : Aker Contracting / *Fournisseur des matériaux* : Lafarge
- Pulvérisateur-mélangeur utilisé pour mélanger 8% de ciment par masse sèche et de l'eau
- Le sol traité a été compacté avec un rouleau à pieds de mouton puis avec un rouleau lisse

Bénéfices:

- Aire de stationnement à moindre coût
- Réduction des coûts de près de la moitié par rapport à l'excavation et le transport des matériaux proposés à l'origine
- Réduction de l'obligation à long terme, changement à un sol non dangereux





La quête de durabilité met la S/S au ciment en valeur

- Méthodes de construction durables pas seulement une tendance: une nouvelle norme.
- Technologie qui protège la santé humaine et l'environnement.
- Rôle clé dans le développement durable.
- Certification LEED® Canada octroie des points pour la certification de projets visant à réhabiliter des friches industriels et à y construire.

<http://www.cement.ca/fr/Rehabilitation-de-sites-contaminees.html>

Aménagement écologique des sites (AÉS) et le béton

Crédits LEED

Produits de béton

Crédit 2: Densité de développement et lien avec la communauté

- Développement dans des secteurs urbains avec l'infrastructure existante

Construction multi-étagée

Crédit 3: Réaménagement de sites contaminés

- Réhabilitation de sites avec sols ou eaux contaminés (Brownfield)

Matériaux cimentaires pour la stabilisation des sols

Crédit 6.1: Gestion des eaux pluviales: contrôle de la quantité

- Limitation du débit et de la quantité par infiltration; réutilisation

Pavés et pavage perméables

Crédit 7.1: Réduction des îlots de chaleur

- Réduction de l'absorption de chaleur
- Toitures et autres éléments

Système de pavage et tuiles pour toiture avec béton pâle

Réhabilitation des sols: solidification et stabilisation

Questions?

Daniel Héroux , ing. P.Eng
Directeur secteur minier et réhabilitation
+1(647)960-3016
daniel.heroux@lafarge.com

Danielle Palardy, ing., Ph.D
Ingénieure au service technique
+1(514)895-1876
danielle.palardy@lafarge.com

